

УДК 669.1: 658.26; 621.77: 628.16; 658: 65.012  
№ держреєстрації 0123U102947

Товариство з обмеженою відповідальністю  
«ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»  
69008, м. Запоріжжя вул. Південне шосе 80

ЗАТВЕРДЖУЮ

проректор з науково-дослідної роботи

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

«МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»



  
Володимир КУХАР  
«11» липня 2024 року

## ЗВІТ

### ПРО НАУКОВО-ДОСЛІДНУ РОБОТУ

«Розвиток наукових та методологічних засад удосконалення металургійних процесів, устаткування та методів управління їх ефективністю»  
(проміжний)

Етап 1. Удосконалення процесів та режимів роботи устаткування на етапах виготовлення металопродукції, оптимізація управління виробництвом та організаційними змінами підприємств чорної металургії на засадах Business Performance Management

Науковий керівник, д.т.н., професор

Володимир КУХАР

«05» липня 2024 року

2024

Рукопис закінчено «05» липня 2024 року

Результати роботи розглянуто Науково-технічною радою ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», протокол № 9 від «11» липня 2024 року

## СПИСОК АВТОРІВ

Керівник НДР,  
д.т.н., професор  
Відповідальний  
виконавець, к.т.н.  
Відповідальний  
виконавець, к.е.н.

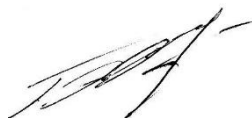






Виконавець,  
д.е.н, професор  
Виконавець,  
к.е.н.

Виконавець,  
д.т.н., професор



Виконавець,  
д.т.н., доцент



Виконавець,  
к.т.н., доцент



Виконавець,  
д.т.н., професор



Виконавець,  
к.т.н., доцент



Виконавець,  
к.т.н., доцент



Виконавець, здобувач  
вищої освіти



Виконавець, здобувач  
вищої освіти



Виконавець, здобувач  
вищої освіти



Виконавець, здобувач  
вищої освіти



Володимир КУХАР  
(вступ, розділ 1, висновки)

Христина МАЛІЙ  
(вступ, розділ 1, висновки)

Олександра ХАРЧЕНКО  
(вступ, розділ 2, висновки)

Ірина ШКРАБАК  
(вступ, розділ 2)

Олена ЛАТИШЕВА  
(вступ, розділ 2)

Едуард ГРИБКОВ  
(розділ 1)

Володимир ПАШИНСЬКИЙ  
(розділ 1)

Олександр СТОЯНОВ  
(розділ 1)

Костянтин НІЗЯЄВ  
(розділ 1)

Юрій ДОБРОНОСОВ  
(розділ 1)

Максим ШТОДА  
(розділ 1)

Олександр СПІЧАК  
(розділ 1)

Владислав КУСТІКОВ  
(розділ 1)

Сергій КАС'ЯНЕНКО  
(розділ 2, висновки)

Василь СЛЮТА  
(вступ, розділ 2, висновки)

Виконавець, здобувач  
вищої освіти



Дарія ІСАЧЕНКО  
(розділ 2)

Виконавець, здобувач  
вищої освіти



Антон НЕБОРАЧКО  
(розділ 2)

Виконавець, здобувач  
вищої освіти



Дмитро БОГДАН  
(розділ 1)

Виконавець, здобувач  
вищої освіти



Артем ГЛАДКИХ  
(розділ 1)

Виконавець, здобувач  
вищої освіти



Катерина МЕДВЕДЄВА  
(розділ 1)

Виконавець, здобувач  
вищої освіти



Сергій ЛОСЬ  
(розділ 1)

Виконавець, здобувач  
вищої освіти



Андрій ПОЖИДАЄВ  
(розділ 1)

Виконавець, здобувач  
вищої освіти



Валерій САВЕЙКІН  
(розділ 2)

Виконавець, здобувач  
вищої освіти



Данііл ТИМОШЕНКО  
(вступ, розділ 1, висновки)

Виконавець, здобувач  
вищої освіти



Руслан КРЮКОВ  
(вступ, розділ 1)

## РЕФЕРАТ

**Звіт про НДР: 69 стор., 76 джерел, 16 рис., 6 табл.**

**Анотація:** Підтверджено, що металургія є однією з найважливіших галузей, яка повинна перейти на більш екологічно чисті методи виробництва, зокрема в Україні на "Запоріжсталі". Впровадження сучасних технологій, таких як пряме відновлення на основі Midrex H<sub>2</sub> з подальшою виплавою окатишів у дугових сталеплавильних печах (ДСП), стане важливим кроком у зниженні викидів та підвищенні енергоефективності. Дослідження порівнює енергоспоживання різних методів виробництва сталі, включаючи аглофабрику з аспіраційною системою, мартенівську піч, технологію Midrex H<sub>2</sub> та ДСП. Виявлено, що питомі витрати енергії аглофабрики становлять приблизно 33 кВтч/т, доменної печі – 3,3 кВтч/т, мартенівської печі – 4 кВтч/т, Midrex H<sub>2</sub> – 85 кВтч/т, а ДСП – 340 кВт\*ч/т. Хоча Midrex H<sub>2</sub> має вище енергоспоживання, вона пропонує значні екологічні переваги завдяки нижчим викидам CO<sub>2</sub>. ДСП забезпечує гнучкість та ефективність у переробці сталевих брухту. Оцінка різних типів виробництва також враховує витрати на обслуговування, інвестиції в інфраструктуру та екологічний вплив. Аглодоменний процес генерує значні викиди CO<sub>2</sub> порівняно з Midrex H<sub>2</sub> + ДСП. Висновки дослідження підкреслюють важливість впровадження сучасних технологій для майбутнього галузі. У представленому звіті досліджено нову конструкцію пристрою для очищення стічної емульсії в цехах холодного прокату, що містить П-подібні пластини для підвищення ефективності очищення. Показано, що регулярне очищення емульсії забезпечує ефективне охолодження та змащування поверхонь, зменшуючи знос валків і покращуючи якість обробленої поверхні металу. Нова конструкція пристрою з П-подібними пластинами ефективно видаляє гідравлічні мастила та забруднення, знижуючи витрати на купівлю скімера. Запропоновано прохідний магнітний фільтр для додаткового підвищення ефективності очищення, що знижує вміст олії в шламі та витрати емульсолу. Нова система працює в автоматичному режимі, знижуючи експлуатаційні витрати та забезпечуючи

стабільну якість прокатної емульсії. Встановлено, що вдосконалена система дозволяє знизити загальний рівень вмісту гідравлічних олив на 15%, що підтверджується лабораторними аналізами. Крім того, у результаті дослідження було виявлено чинники, викликані наслідками збройної агресії проти України, що впливають на організаційно-структурну трансформацію адміністративно-управлінських підрозділів підприємства. Розроблено оптимізовану організаційну структуру єдиного соціально-побутового відділу з розподілом повноважень і функціональних обов'язків. Визначено фактори зовнішнього і внутрішнього середовища гірничо-металургійного бізнесу, які вимагають активного переходу до реалізації концепції Business Performance Management. Обґрунтовано етапи процедури управління змінами для успішної реалізації проєктів підвищення операційної ефективності. Узагальнено підходи до побудови моделей прийняття рішень з управління змінами та організації комунікацій, які мінімізують рівень опору змінам на індивідуальному рівні.

**Ключові слова:** металургійні процеси та агрегати, зелена сталь, пряме відновлення заліза, якість металопродукції, прокатка, енергоспоживання, менеджмент в металургії, бізнес-адміністрування, операційна ефективність, конкурентоздатність, управління змінами.

**Об'єкт дослідження** – процеси, пов'язані з переробкою залізозмісної сировини та обробкою сталі, а також процеси організації виробництва та бізнес-адміністрування у металургії.

**Мета роботи** – підвищення показників енергоресурсозбереження та керування якістю металопродукції, вдосконалення технологічних та проєктних рішень на металургійних переробках, операційні покращення і розвиток методів управління промисловим виробництвом.

**Предмет дослідження:** енергоспоживання та викиди при різних способах виробництва сталі, показники якості металопродукції, організаційно-структурна трансформація адміністративно-управлінських підрозділів металургійної компанії, підходи до побудови і реалізації моделі прийняття рішень з управління змінами та організації комунікацій в металургійних проєктах.

**Результати та їх новизна:** При порівнянні застарілого методу виробництва сталі аглодоменним та мартенівським переділом (на основі існуючого виробництва на ПАО «ЗАПОРІЖСТАЛЬ») з сучасним методом виробництва Midrex H2 процесом із виплавою у дугосталеплавильних печах (ДСП) виявлено значне енергоспоживання на стадії аглодоменного переділу та на стадії виплавки у ДСП. Новітній спосіб у 9 разів більш енергоємний, чим застарілий, що створює виклики у сфері енергетики, які повинні бути розв'язані при переході на виробництво «зеленої сталі» та при проектуванні новітніх металургійних виробництв в Україні. Розроблено пристрій для очистки відпрацьованих прокатних емульсій, який впроваджено у цеху холодної прокатки ПАО «ЗАПОРІЖСТАЛЬ», показана його переваги з точки зору простоту обслуговування та дешевизни у порівнянні з альтернативними скімерами. Розроблено оптимізовану організаційну структуру єдиного соціально-побутового відділу ТОВ «МЕТІНВЕСТ-ПРОМСЕРВІС». Визначено фактори зовнішнього і внутрішнього середовища компанії гірничо-металургійного бізнесу, що обумовлюють необхідність активного переходу до реалізації концепції Business Performance Management, та обґрунтовані етапи процедури управління змінами для успішної реалізації проєктів підвищення операційної ефективності підприємств металургії. Удосконалено модель прийняття рішень з управління змінами при впровадженні металургійних проєктів.

**Інформація щодо впровадження** – впроваджено в навчальний процес ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА» за спеціальністю 136 Металургія на ОПП «Металургія» (бакалаврський рівень) при викладанні дисциплін «Металургійні агрегати та обладнання», «Електрометалургія сталі», «Енерго- та ресурсозберігальні технології в промисловості»; на ОПП «Металургія сталі» при викладанні дисциплін «Проектний менеджмент», «Дослідження у проєктах підвищення операційної ефективності», «Сучасні технології формування структури та властивостей матеріалів та продукції», «Інженерія захисту та безпеки»; на ОПП «Аглодоменне виробництво» при викладанні дисциплін

«Дослідження у проєктах підвищення операційної ефективності», «Інженерія захисту та безпеки», «Ресурсозаощаджувальні технології та рециклінг в аглодоменному виробництві», «Проєктний менеджмент», «Перспективи розвитку металургії та позадоменне отримання заліза»; на ОПП «Сучасні технології прокатного виробництва» при викладанні дисциплін «Дослідження у проєктах підвищення операційної ефективності», «Сучасні техніко-технологічні аспекти прокатного виробництва», «Моделювання та комп'ютерні технології в прокатному виробництві», «Управління проєктами розвитку прокатного виробництва» та за міждисциплінарною освітньо-науковою програмою 136+073 «Управління модернізацією металургії» при читанні дисциплін «R&D в управлінні металургійними проєктами», «Управління комунікаціями в проєктах модернізації металургії», «Перспективні технології та кращі практики модернізації металургії», «Проєктування модернізованих металургійних виробництв», «Економічний та управлінський аналіз і реінжиніринг бізнес-процесів металургійних підприємств».

**Зв'язок з іншими роботами:** Науково-дослідна робота (НДР), що виконується, є логічним продовженням досліджень в рамках робіт, що виконувались раніше: НДР з державною реєстрацією № 0223U003877 «Керуванням показниками енергозбереження металургійних агрегатів та якості металопродукції на завершальних переділах металургійного циклу» та НДР з державною реєстрацією № 0223U003910 «Прикладні аспекти трансформації бізнес-процесів гірничо-металургійних компаній на засадах Perfomance Management»

**Рекомендації щодо використання** – на підставі отриманих результатів; результати НДР можуть бути рекомендовані до впровадження на підприємствах гірничо-металургійного комплексу, у проєктах модернізації металургійних виробництв та при удосконаленні процесів управління проєктами на металургійних активах.

**Сфера застосування:** підприємства гірничо-металургійного комплексу, управління проєктами у сфері металургії, навчальний процес, науково-дослідна

робота у сфері металургії, проектного менеджменту та управління підприємствами.

**Економічна та соціально-економічна ефективність роботи:** економічна ефективність полягає у ефектах енергоресурсозбереження, оптимізації бізнес-процесів та операційних удосконаленнях у сфері металургії; соціально-економічна ефективність полягає у створенні умов переходу на виробництво «зеленої сталі», впровадженню принципів циркулярної економіки та рециклінгу, відновленні металургійного комплексу, який зазнав значних втрат через повномасштабну воєнну агресію, створенні нових об'єктів у реальному секторі економіки та нових робочих місць.

**Значимість роботи:** визначається результатами, економічною та соціально-економічною ефективністю; має значення для гірничо-металургійного комплексу.

**Висновки, пропозиції щодо розвитку об'єкта дослідження й доцільності продовження досліджень:** Впровадження результатів, пов'язаних з підвищенням показників енергоресурсозбереження та керування якістю металопродукції, вдосконалення технологічних та проектних рішень у металургійній галузі, операційні покращення і розвиток методів управління промисловим виробництвом є актуальним. Результати відповідають пріоритетним напрямкам розвитку науки і техніки в Україні, які закріплені Законом України «Про пріоритетні напрями розвитку науки і техніки», а саме п.2 «Фундаментальні наукові дослідження з найбільш важливих проблем розвитку науково-технічного, соціально-економічного, суспільно-політичного, людського потенціалу для забезпечення конкурентоспроможності України у світі та сталого розвитку суспільства і держави» та п.4 «Енергетика та енергоефективність». Дослідження планується продовжити.

**Умови одержання звіту:** звіт може бути отриманий за запитом зацікавлених осіб; звіт сформований за результатами консолідації досліджень виконавців даної науково-дослідної роботи, імплементованих у надрукованих ними наукових працях за період проведення НДР.

## ЗМІСТ

№	Стор.
ВСТУП.....	10
РОЗДІЛ 1. РОЗВИТОК НАУКОВИХ ТА МЕТОДОЛОГІЧНИХ ЗАСАД УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТАЛУРГІЙНИХ ПРОЦЕСІВ ТА УСТАТКУВАННЯ.....	12
1.1 Енергоспоживання при виробництві сталі застарілими аглодоменним та мартенівським переділами та сучасною технологією прямого відновлення заліза MIDREX H2 з випларкою сталі у дуговій сталеплавильній печі.....	12
1.2 Удосконалення системи очищення прокатної емульсії в процесі холодної прокатки з технологічними мастилами.....	20
РОЗДІЛ 2. УЗАГАЛЬНЕННЯ ФАКТОРІВ ВПЛИВУ І ПІДХОДІВ ДО ОРГАНІЗАЦІЙНИХ ЗМІН ПІДПРИЄМСТВ ЧОРНОЇ МЕТАЛУРГІЇ НА ЗАСАДАХ BUSINESS PERFORMANCE MANAGEMENT.....	32
ВИСНОВКИ.....	53
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	55
Додаток. ВІДОМОСТІ ПРО ВПРОВАДЖЕННЯ.....	68

## ВСТУП

Перехід на зелене виробництво сталі є критично важливим для зниження вуглецевого сліду, і цей процес буде стосуватися України в період з 2025 по 2050 роки. Застарілі методи, такі як аглодоменне виробництво та мартенівські печі, потребують заміни на більш енергоефективні технології, серед яких виділяються Midrex H2 та дугова сталеплавильна піч (ДСП). Новітні технології, як-от Midrex H2, забезпечують значне зниження викидів CO<sub>2</sub> та підвищення енергоефективності. Порівняльний аналіз різних методів виробництва сталі допоможе визначити найефективніші та найбільш економічно доцільні технології для сучасного виробництва.

Перспективи проекту будівництва нових виробництв на базі Midrex H2 та ДСП включають створення більш екологічно чистих та енергоефективних підприємств, що відповідають сучасним вимогам до сталого розвитку. Управління проектами у сфері зеленої металургії потребує інтеграції інноваційних технологій та значних інвестицій в інфраструктуру для забезпечення конкурентоспроможності на глобальному ринку. Впровадження механізму коригування вуглецевих кордонів (СВАМ) ставить перед підприємствами виклики, пов'язані з адаптацією до нових екологічних норм та зниженням вуглецевого сліду продукції. Ефективне управління цими викликами передбачає стратегічне планування та активне залучення всіх зацікавлених сторін для успішного переходу на зелені методи виробництва сталі.

Впровадження ефективних методів очищення емульсій в цехах холодного прокату є важливим кроком у реалізації принципів циркулярної економіки на металургійних підприємствах. Нові розробки, такі як пристрій з П-подібними пластинами та прохідним магнітним фільтром, значно підвищують якість очищення стічної емульсії, що дозволяє зменшити витрати на сировину та підвищити продуктивність. Ефективне видалення гідравлічних мастил і

механічних домішок забезпечує стабільну роботу прокатного обладнання та високу якість готової продукції. Запропоновані технології мають високу практичну значущість для металургійних підприємств, оскільки вони дозволяють знизити експлуатаційні витрати та зменшити вплив на навколишнє середовище. Результати досліджень підтверджують, що нові методи очищення можуть бути успішно впроваджені на сучасних підприємствах, сприяючи сталому розвитку галузі. Велика актуальність цих технологій зумовлена зростаючими вимогами до екологічної відповідальності та ефективності виробництва.

В умовах збройної агресії проти України актуальність організаційно-структурної трансформації адміністративно-управлінських підрозділів гірничо-металургійних підприємств стає надзвичайно високою. Розробка оптимізованих організаційних структур та ефективних моделей управління змінами є ключовою для підвищення операційної ефективності та конкурентоспроможності галузі. Впровадження концепції Business Performance Management сприятиме успішній реалізації проєктів модернізації металургійних підприємств, забезпечуючи їх сталий розвиток і відповідність сучасним вимогам. Результати роботи також можуть бути використані для відновлення металургійного сектору та в проєктах будівництва нових металургійних підприємств, сприяючи оптимізації процесів та підвищенню ефективності на всіх етапах реалізації.

## РОЗДІЛ 1

### РОЗВИТОК НАУКОВИХ ТА МЕТОДОЛОГІЧНИХ ЗАСАД УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТАЛУРГІЙНИХ ПРОЦЕСІВ ТА УСТАТКУВАННЯ

#### 1.1 Енергоспоживання при виробництві сталі застарілими аглодоменним та мартенівським переділами та сучасною технологією прямого відновлення заліза MIDREX H2 з випларкою сталі у дуговій сталеплавильній печі

*Аналіз стану питання.* У світі є гостра необхідність переходити на зелене виробництво з низьким карбоновим слідом. Це стосується металургії, яка є вуглецево вмісткою, тому розглядаються глобальні тренди по переходу на зелені методи виробництва сталі. Це буде стосуватися України, яку теж це торкнеться з 2025–2050 рр. [1]. Особливо це актуально для "Запоріжсталі", де використовується застарілий спосіб аглодоменного виробництва та мартенівська піч. Особливо актуальним буде проект будівництва нового виробництва на базі Midrex H2 та ДСП. Металургійна промисловість є різноманітною та енергоємною, з різними технологіями, що використовуються для виробництва сталі. Серед них виділяються агломераційний процес у поєднанні з доменною піччю, мартенівська піч, технологія прямого відновлення заліза Midrex H2 та дугова сталеплавильна піч (ДСП), які мають свої відмінні методи та профілі споживання енергії.

Мета цієї роботи – порівняти ці технології, зосередившись на їхній енергоефективності та експлуатаційних параметрах.

Агломераційний процес, включаючи агломераційні фабрики з аспіраційними системами, та доменні печі є традиційними та широко використовуваними методами. Споживання енергії для агломерації становить приблизно 33 кВт\*ч /т, тоді як доменна піч потребує близько 3,3 кВт\*ч/т. З іншого боку, мартенівська піч,

яка нині менш поширена через високе енергоспоживання та тривалий процес, потребує приблизно 4 кВт\*ч /т виробленої сталі.

Сучасні технології, такі як процес Midrex H2, який використовує водень як відновник, пропонують більш екологічно чисту альтернативу. Споживання енергії для Midrex H2 становить близько 85 кВт\*ч /т. Дугова сталеплавильна піч, відома своєю високою ефективністю та гнучкістю, споживає приблизно 340 кВт\*ч /т. Крім того, сучасні технології дозволяють знизити викиди CO<sub>2</sub>, що є важливим фактором в умовах посилення екологічних норм та вимог до сталого розвитку. Оцінка різних методів виробництва сталі також враховує такі аспекти, як витрати на обслуговування, інвестиції в інфраструктуру та вплив на навколишнє середовище.

Таким чином, порівняння цих технологій дозволить визначити найефективніші та найбільш економічно доцільні методи для сучасного виробництва сталі.

Агломераційний процес та доменна піч, хоч і давно використовуються, постійно розвиваються для підвищення енергоефективності та зниження викидів. Дослідження [2, 3] показали, що оптимізація процесу спікання та підвищення ефективності доменних печей можуть значно вплинути на загальне енергоспоживання та викиди. Наприклад, застосування нових технологій контролю температури та складу шихти дозволяє знизити витрати енергії та покращити якість кінцевого продукту. Впровадження систем рекуперації тепла та вдосконалення аспіраційних систем також сприяє зниженню викидів шкідливих речовин в атмосферу.

Дослідження технології мартенівської плавки підкреслює неефективність її використання у порівнянні з сучасними технологіями, але вона все ще використовується в деяких регіонах через існуючу інфраструктуру. Мартенівські печі вимагають значних витрат на підтримку і модернізацію, та їх енергоспоживання значно перевищує сучасні альтернативи, якщо враховувати споживання вуглеводнів в якості енергоносіїв. Проте, в деяких країнах, де

модернізація промисловості проходить повільніше, ці печі все ще залишаються важливою частиною металургійного комплексу.

Процес Midrex, особливо з інтеграцією водню (Midrex H<sub>2</sub>), є значним проривом у зниженні викидів CO<sub>2</sub>. Дані літератури [4, 5] свідчать, що використання водню у процесі відновлення може зменшити вуглецевий слід при виробництві сталі. Використання водню як відновника замість традиційного природного газу дозволяє значно скоротити викиди парникових газів. Крім того, технологія Midrex H<sub>2</sub> активно досліджується в контексті зростаючого попиту на екологічно чисті технології та відновлювані джерела енергії. Однак, економічна ефективність цієї технології залежить від доступності та вартості водню, а також від інфраструктурних інвестицій.

Дугова сталеплавильна піч, попри високе енергоспоживання, також виграє від вдосконалення енергетичних технологій і процесів [6, 7], що робить її конкурентоспроможною в регіонах з великою кількістю електроенергії.

*Матеріали та методи.* У цьому дослідженні ми використовували комплексний підхід для аналізу енергоспоживання та ефективності різних технологій виробництва сталі. Для досягнення цієї мети були виконані наступні етапи та методи:

а) Проведення вимірювань на місці: Для отримання точних даних про енергоспоживання та ефективність різних технологій були проведені вимірювання на місці виробництва сталі. Ці вимірювання включали аналіз електроенергії, споживаної різними обладнаннями та процесами, а також вимірювання викидів газів та інших показників ефективності.

б) Обробка та аналіз отриманих даних: Отримані в результаті вимірювань дані були оброблені та проаналізовані з метою визначення енергетичної ефективності та екологічного впливу кожного методу виробництва сталі.

в) Порівняльний аналіз: На основі отриманих даних був проведений порівняльний аналіз різних методів виробництва сталі з точки зору їхньої енергоефективності, екологічного впливу та економічної доцільності.

Результати показують (табл. 1.1), що аглодоменний процес у поєднанні з мартенівською піччю генерує значно більші викиди  $\text{CO}_2$  [6] порівняно з технологією Midrex H<sub>2</sub> + ДСП. Зокрема, аглодоменний процес і мартенівська піч створюють 2430 кг/т викидів на тонну сталі, тоді як Midrex H<sub>2</sub> + ДСП генерує лише 613 кг/т викидів на тонну сталі [6–8]. Це свідчить про те, що технологія Midrex H<sub>2</sub> + ДСП є значно більш екологічно чистою та сприяє зменшенню вуглецевого сліду виробництва сталі [9, 10]. Досліди були проведені в реальних умовах, що підтверджує практичну значущість отриманих результатів. Ці дані демонструють важливість впровадження сучасних технологій, таких як Midrex H<sub>2</sub>, для зменшення екологічного впливу сталеплавильних процесів.

Таблиця 1.1 – Розрахунок викидів на тону сталі

Тип виробництва	Викиди, кг/т
Аглодоменний процес + Мартенівська піч	2430
Midrex H <sub>2</sub> + ДСП	613

Різні технології виробництва сталі мають значні відмінності в енергоспоживанні. Агломераційний процес з аспіраційними системами є одним з найбільш енергоємних, споживаючи близько 33 кВт\*ч/т сталі (табл. 1.2). Це пов'язано з високими витратами на підготовку сировини та підтримання процесу спікання. Доменна піч, яка зазвичай використовується разом з агломераційним процесом, потребує 3,3 кВт\*ч /т сталі. Хоча це значно менше, ніж агломерація, загальні витрати енергії залишаються високими. Мартенівська піч, хоча і менш поширена сьогодні, потребує відносно мало енергії – 4 кВт\*ч /т сталі. Проте, її неефективність та тривалий процес роблять її менш привабливою для сучасного виробництва.

Таблиця 1.2 – Енергоємність різних технологій виробництва сталі та чавуну

Переділ	Кількість витрат питомої електроенергії на тону сталі/чавуну/агломерату, кВт*ч/т
Агломераційний	33
Доменний	3,3
Мартенівська піч	4
Midrex H2	85
ДСП	340

Сучасна технологія Midrex H2, що використовує водень як відновник, демонструє високу енергоефективність із споживанням питомої електроенергії 85 кВт\*ч/т сталі. Це робить її привабливою з точки зору екологічної чистоти та зниження викидів. Дугова сталеплавильна піч (ДСП) споживає 340 кВт\*ч/т сталі. Незважаючи на вищі енергозатрати порівняно з деякими іншими технологіями, ДСП є гнучкою у використанні вторинної сировини, що сприяє циркулярній економіці.

**Результати.** При дослідженні аглодоменного процесу та технології виплавки у мартенівській печі (рис. 1.1) було виявлено, що такий застарілий спосіб має великі викиди CO<sub>2</sub> та значне споживання енергії (табл. 1.3), цей методи має негативний екологічний вплив через велику кількість викидів CO<sub>2</sub>. Midrex H2 (рис. 1.2) та дугова сталеплавильна піч (ДСП) (рис. 1.3) – з іншого боку, сучасні технології, демонструють низькі викиди CO<sub>2</sub> але високе енергоспоживання (табл. 1.4). Ці методи мають більш високе енергоспоживання та менший екологічний вплив, що робить їх привабливими для сучасних виробничих умов. Практичні застосування - дослідження проводилися в реальних умовах виробництва сталі, що надає їм практичне значення.

Таблиця 1.3 – Основні споживачі енергії на аглодоменному та мартенівському переділах

Переділ / Продукт	Споживачі	Витрати енергії, кВт*ч /т продукту
Агломерація / Окатиші	Подрібнення і сортування руди	4,3
	Сушіння руди	5
	Механічні змішувачі	3
	Конвеєри і транспортери	2,7
	Агломераційні стрічки	8
	Пиловловлювачі очисники газів	10
Доменне виробництво / Чавун	Вдування повітря і кисню	0,6
	Подача палива	0,55
	Системи нагріву	0,5
	Підйомники і конвеєри для подачі сировини	0,4
	Системи охолодження	0,375
	Системи контролю та автоматизації	0,475
	Системи очистки і утилізації газів	0,4
Мартен / Сталь	Системи подачі повітря та газу	0,3
	Механічне обладнання для завантаження і вивантаження матеріалів	1,3
	Системи охолодження	0,8
	Системи очищення і рециркуляції газів	0,6
	Системи контролю та автоматизації	1

Таблиця 1.4 – Основні споживачі електроенергії у технології Midrex H2

Споживачі	Витрати енергії, кВт*ч /т DRI
Електролізери водню	3000
Повітродувки та компресори	12
Системи підігріву	15
Системи очищення та рециркуляції газів	7
Системи контролю та автоматизації	2
Системи транспортування сировини	4

Порівняння вказує на відмінності в енергоспоживанні (рис. 1.4), але кожен метод має свої переваги так і недоліки. Ці результати дослідження можуть бути використані для прийняття рішень щодо вибору оптимального методу виробництва сталі для конкретного підприємства з урахуванням енергоефективності та екологічних вимог. Потенційні переваги - враховуючи зростаючі вимоги до зменшення викидів CO<sub>2</sub> та оптимізації використання енергії (табл. 1.5), сучасні технології, такі як Midrex H2 та ДСП, можуть мати значний потенціал для підвищення конкурентоспроможності та сталості виробництва сталі.

Таблиця 1.5 – Основні споживачі електроенергії ДСП

Споживачі	Витрати енергії, кВт*ч /т сталі
Основний електричний дуговий процес	300
Подача та регулювання електродів	10
Очищення газів	10
Охолоджуючі системи	5
Механізми завантаження та вивантаження	10
Системи моніторингу та управління	5

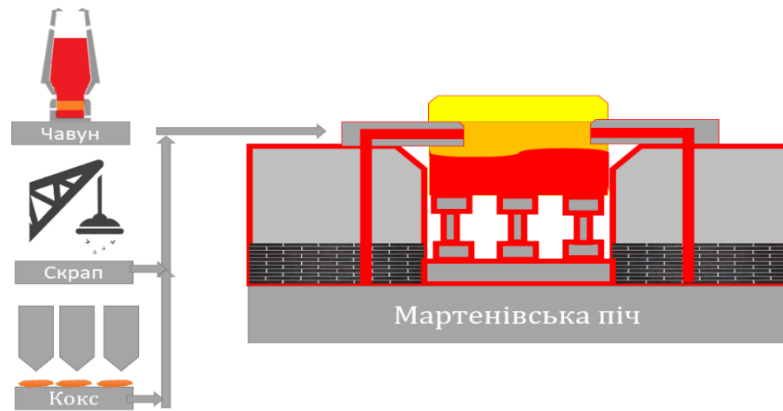


Рисунок 1.1 – Схема мартенівського виробництва сталі

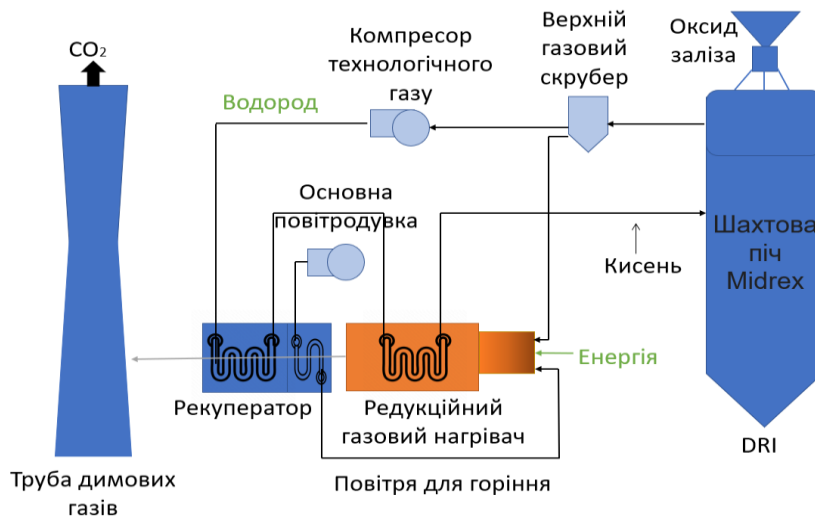


Рисунок 1.2 – Схема процесу Midrex H2

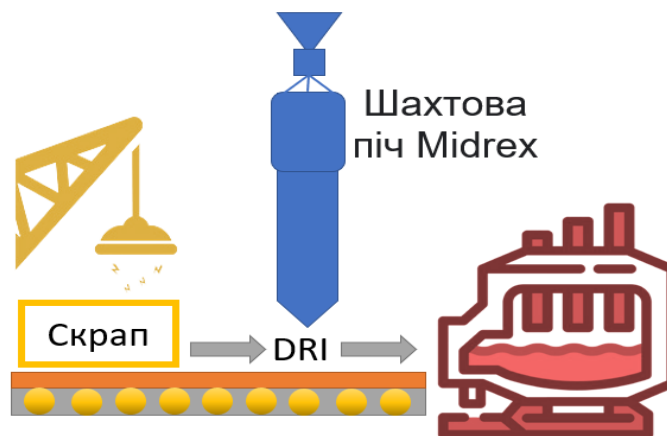


Рисунок 1.3 – Схема завантаження ДСП



Рисунок 1.4 – Порівняльна діаграма витрат електроенергії

Таким чином, ми бачимо, що у застарілому способі агломераційний процес (рис. 1.4а), який використовується для підготовки рудних матеріалів до доменної плавки, займає лівову частку енергоспоживання у металургійній промисловості. За представленими даними, його частка складає 83 %, 7% доменний та 10% мартенівський процес. Це означає, що значна частина ресурсів та енергії витрачається саме на цей процес. У новітньому (рис. 1.4б) процесі основним споживачем є ДСП яка складає 80% від енергоспоживання комплексу. Бенчмарк (рис. 1.4в) вказує на те що новітній спосіб має 90% від споживання ніж застарілий спосіб, що свідчить про те що новітній спосіб у 9 разів більш енергозатратний.

## 1.2 Удосконалення системи очищення прокатної емульсії в процесі холодної прокатки з технологічними мастилами

*Аналіз стану питання.* Застосування емульсолів при холодній прокатці пов'язане з тим, що вони забезпечують ефективне охолодження і змазування поверхонь валкового інструменту та штаби, що зменшує знос валків та підвищує якість обробленої поверхні металу. Це сприяє підвищенню продуктивності процесу холодної прокатки і зменшенню виробничих витрат. Прокатна емульсія

завичай циркулює у замкненій системі. Під час роботи емульсія забруднюється металевими частинками, продуктами зносу і домішками, що робить очищення необхідним для підтримання її ефективності та тривалого терміну служби. Регулярне очищення емульсії забезпечує стабільну якість прокатки, дозволяє досягати ресурсозберігаючого ефекту, знижувати витрати на заміну емульсії і обслуговування обладнання. Використання емульсій впливає на енергетичні витрати при холодній прокатці та показники якості готової продукції [11–13]. При цьому розроблено докладні методики щодо оцінки параметрів процесу прокатки в залежності від фізико-хімічних властивостей емульсій [14].

В роботі [15] досліджена реологічна поведінка емульсій «масло у воді» (Oil-in-water emulsions) в залежності від концентрації масла, швидкості деформації зсуву, тиску та температури. Показано, що концентрація олії є домінуючим параметром, який впливає на плівкоутворювальну здатність емульсії. В роботі [16] вказані переваги застосування емульсій типу «масло у воді», при цьому встановлено, що умови змащування та формування масляної плівки залежать від характеру нанесення (подачі) емульсій. Дослідження дозволили запропонувати конструкцію сопла для ефективного нанесення емульсій стисненим повітрям. Додавання порошку заліза у емульсію «масло у воді» дозволяє покращити трибологічні характеристики таких емульсій коли розміри частинок порошку меншим за 3,0 мкм [17]. В даному випадку реалізується ефект мікропрокручування між валками та стрічкою та підтримується масляна плівка емульсії, що сприяє поліруванню та шліфуванню – шорсткість поверхонь смуг зменшується, а гладкість морфології поверхні покращується. Роботу [18] присвячено експериментальним дослідженням розподілу крапель, поверхневого натягу та умов дестабілізації емульсій, при цьому показано, що зета-потенціал ( $\xi$ ) є основним показником стабільності емульсій. Встановлено, що для значень  $\xi$  вище  $-10$  мВ емульсія повністю дестабілізується і непридатна для процесу прокатки, а регенерація емульсії стає можливою лише для значень зета-потенціалу

близько  $-20$  мВ. Виділені оптимальні контактні кути, що реалізуються з використанням поверхнево-активних речовин (ПАВ) та визначені найкращі ПАВ.

У роботі [19] було оцінено змащувальні характеристики емульсії на натуральній основі («зелене мастило») та емульсії на мінеральній основі з точки зору сил кочення, коефіцієнта тертя (CoF) на межі валок/стрічка та зносу робочих валків. Дослідження проводили в умовах двоклітєвого реверсивного холодного стану на заводі Marcegaglia (Равенна, Італія). Випробування показали, що «зелене мастило» характеризується кращими змащувальними властивостями (показник CoF зеленого мастила приблизно на 10% нижче, ніж у напівсинтетичного складу). Такий результат був підтверджений як силами кочення (середнє зменшення на 5,6% було отримано за допомогою зеленого мастила), так і зносом робочих валків (менш часте технічне обслуговування валків), таким чином визначаючи значне та цінне зниження витрат, що пов'язані з процесом [19]. Результати дослідження [20] показують, що хімічний склад масло-водних емульсій відіграє важливу роль у їх плівкоутворенні та трибологічній поведінці. Встановлено, що прокатні емульсії з відносно низькою стабільністю, більшим розміром крапель і високим значенням числа омилення (SAP) забезпечують краще змащування та нижчий коефіцієнт тертя.

Очищення емульсій станів холодної прокатки від гідравлічних мастил та брудної піни з поверхні дзеркала емульсії відноситься до сфери очищення стічних вод, емульсій, нафтопродуктів і рідких мастил у різних галузях промисловості, а саме машинобудуванні, металургії, гірництві, хімічній промисловості тощо. Відоме технічне рішення за патентом [21], в якому запропонована конструкція пристрою для очищення стічних вод від масляної емульсії при холодній прокатці, що містить пристрій для зберігання рідини та пристрій для розпилювання. При цьому пристрій для зберігання рідини містить резервуар з впускним та випускним отворами, сполучну коробку та інші елементи, в тому числі опорну платформу, яка обладнана перегородкою з отворами для відділення масла та води. Крім того

міститься нагрівальний пояс і показчик рівня рідини. Розпилувальний пристрій містить опорний та розпилувальний механізми. Недоліком такого пристрою є кінематично складна конструкція, що займає багато простору та схильна до забиття отворів маслопродуктами й твердими частинками бруду (в основному, продуктами зношування штаби та валків). Наведену конструкцію важко обслуговувати. При забитті отворів знижується її пропускна спроможність та вона не забезпечує потрібного ефекту очищення.

Відоме технічне рішення за патентом на корисну модель [22]. Корисна модель містить універсальний електрофлокоагулятор, патрубки та фланці підключення пристрою до приймального резервуара з технологічним розчином, ємність для реагентів, приймальний резервуар, насос-дозатор, фільтри грубого і тонкого очищення, полочний відстійник, а також витяжний пристрій з витяжним вентилятором. Недоліком вказаного пристрою є потреба у додаткових енергоносіях для забезпечення роботи електрофлокоагулятора, вентилятору і насосу-дозатору та рушіях для забезпечення його пересування. Використання мобільного пристрою потребує значних витрат на його обслуговування через його технічну складність. Крім того, розширення функціональності пристрою не передбачає можливості його використання, наприклад, у цехах холодної прокатки для очищення прокатних емульсій.

**Матеріали та методи.** Базовий пристрій за технічним результатом, який ставиться за мету отримати повинен містити корпус з патрубком для підведення забрудненої рідини, центральну водозбірну трубу та маслоутримувальний засіб (наприкоал, кільце), що встановлюють іноді на поплавках. Крім того, пристрій повинен містити вертикальну планку, що закріплена з корпусом, та маслоутримувальну пластину, що з'єднана з маслоутримувальним засобом. Маслоутримувальна пластина розташована вище нижнього зрізу маслоутримувального кільця. Пристрій забезпечує виключення потрапляння масла у водозбірну трубу. Недоліком такої конструкції є необхідність у постійному

догляді за тим, щоб маслоутримувальне кільце не забилося брудом та не заклинило на водозбірній трубі. Крім того, очищена емульсія зливається у тому числі з труби біля дна баку, де осідає найбільша кількість металевих частинок-продуктів зносу валків та смуги, що не забезпечує отримання емульсії достатнього ступені очищення при використанні у цехах холодної прокатки.

В основу розробки ставиться завдання шляхом зміни конструкції пристрою очищення стічної емульсії станів холодної прокатки (у цехах холодної прокатки) досягти такої мети, як виключення потрапляння у переливні (зливні) вікна та труби бруду (піни та невідсепарованих частинок металу) і неочищених гідравлічних мастил для підвищення ефективності очищення стічної емульсії. Відповідно, підвищення якості очищення досягається за рахунок видалення з забрудненої прокатної емульсії гідравлічних олив та частинок бруду, які плавають на поверхні дзеркала емульсії та не намагнічуються магнітами магнітного сепаратора. Досягненню поставленої мети сприяє маслоутримуюче кільце з поплавками, розташоване на зливній трубі з отворами. При цьому в розробці, що досліджується, запропоноване нове рішення, яке відрізняється тим, що до внутрішніх стінок баку на кожний зливний отвір наварені П-подібні пластини. Відмінними ознаками розробки є те, що додаткове очищення емульсії від флотуючих домішок забезпечується за рахунок П-подібних пластин, а не за рахунок маслоутримуючого кільця на трубі з отворами. При цьому забезпечується досить високий рівень очищення емульсії від гідравлічних мастил та домішок. Запропонована конструкція [23] є простою та дешевою у виготовленні, не потребує додаткового обслуговування та забезпечує роботу очисної установки повністю у автоматичному режимі.

**Результати.** Нова розробка пояснюється кресленнями (див. рис. 1.5 та рис. 1.6).

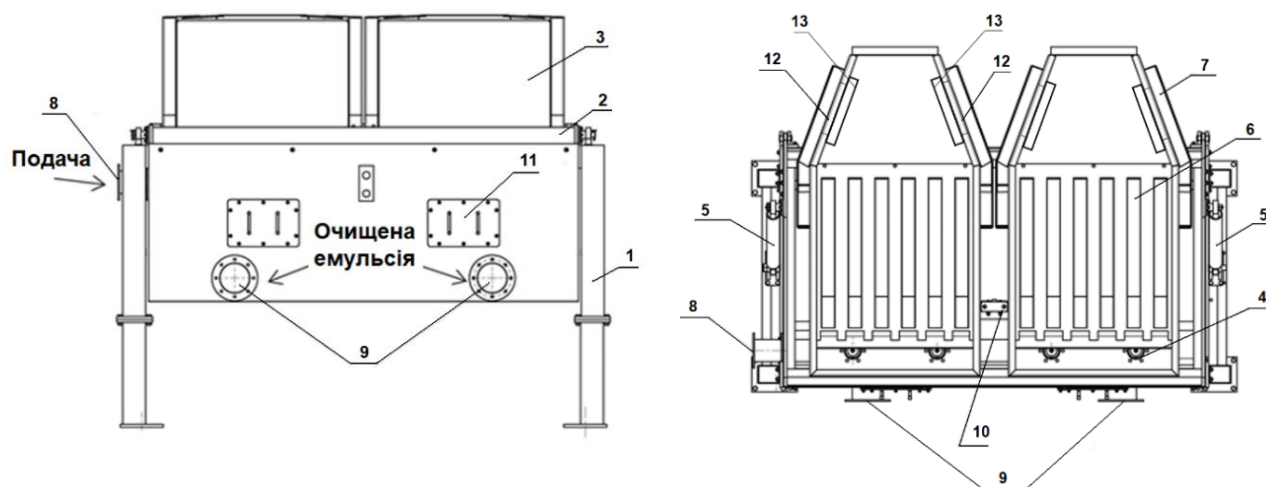


Рисунок 1.5 – Пристрій очищення стічної емульсії та водоемульсійних рідин та місця встановлення П-подібних пластин: 1 – рама магнітного сепаратора, 2 – рухома рама, 3 – робочі ванни, 4 – клапанний пристрій, 5 – гідроциліндри, 6 – магнітні блоки, 7 – переливні кармани, 8 – патрубок подачі брудної емульсії, 9 – патрубки очищеної емульсії, 10 – привід клапанного пристрою, 11 – люки обслуговування, 12 – переливні вікна, 13 – П-подібні пластини

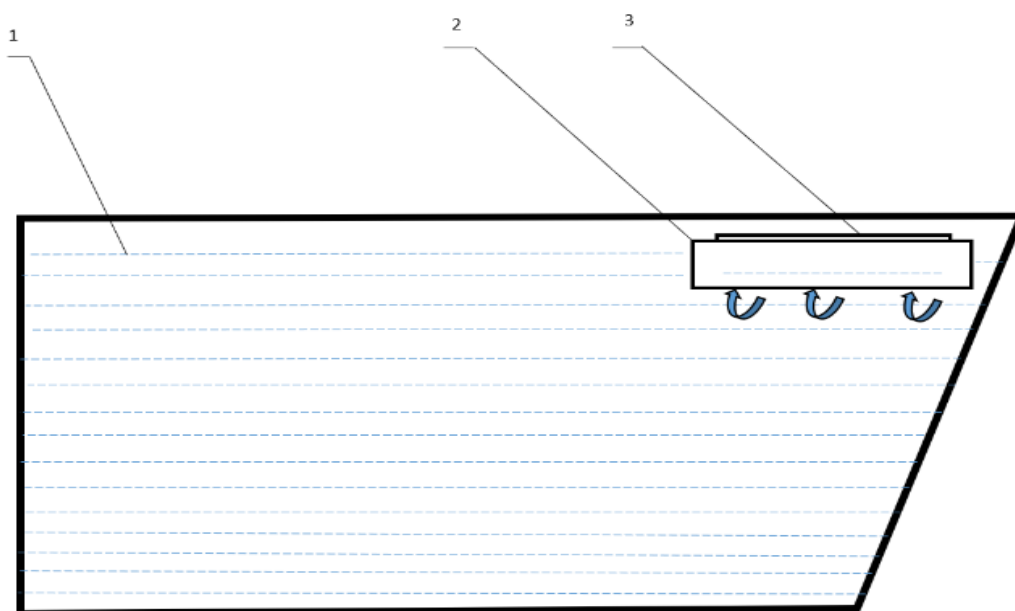


Рисунок 1.6 – Схема встановлення пластин, вид збоку: 1 – рівень прокатної емульсії з піною в очисному коробі, 2 – П-подібна пластина, 3 – переливне вікно

Пристрій очищення стічної емульсії та водоемульсійних рідин працює наступним чином. Вихідна СОЖ надходить у вхідний патрубок 8 (рис. 1.5), далі в нижню частину робочих ванн 3, проходить у робочих зазорах магнітної системи та повністю заповнює робочі ванни. Очищена емульсія направляєється у переливні вікна 12 через переливні кишені 7 збірний бак і через патрубки 9 надходить в емульсійну систему прокатного стану. Перед переливними вікнами наварені спеціальні П-подібні пластини 13, які затримують флотуючі на поверхні емульсії забруднення та гідравлічні мастила, які попали в емульсію з гідросистем стана. Механічні домішки з СОЖ уловлюються на полюсах магнітної системи і накопичуються протягом робочого циклу на магнітних блоках 6. Після включення приводу клапанного пристрою 10 очищена СОЖ зливається в збірний бак, а флотуючі на поверхні забруднення та гідравлічні мастила осаджуються на магнітах або залишаються на дні ванн. Потім включається привід підйому робочих ванн (гідроциліндри 5 піднімають ванни, закріплені на рухомій рамі 2, вертикальне положення). Уловлені забруднення самопливом протягом 2-3 хвилин стікають із робочих ванн у приймач продуктів поділу технологічної лінії очищення СОЖ. Після закінчення циклу видалення мехпримесей рухома рама разом із робочими ваннами опускається у вихідне положення. Після спрацьовування приводу клапанного пристрою відбувається подача вихідної СОЖ у робочі ванни і починається наступний цикл очищення емульсії.

Емульсія завдяки напівзануреним у емульсію П-подібним пластинам зливається у зливні вікна не з самої поверхні дзеркала емульсії, тобто без залишків брудної піни та гідравлічних мастил. Затримані пластиною поверхневі забруднення видаляються із системи при кантуванні очисних коробів (проводиться у автоматичному режимі кожні 2 години – перед кантуванням коробів проводиться злив емульсії, а брудна піна залишається на магнітах та на дні баку разом з іншим брудом). Таким чином ця пластина виконує фактично роль скімера, який збирає гідравлічні мастила та брудну піну з поверхні емульсії.

В якості відомостей, що підтверджують ефективність корисної моделі, наведемо результати лабораторного аналізу брудної піни, що затримується П-подібними пластинами на поверхні емульсії в очисних ваннах. При цьому було переконливо показано, що пластини не затримують прокатний емульсол та не знижують робочу концентрацію прокатної емульсії. Фото поверхні емульсії в очисному коробі без пластин та з встановленими пластинами наведені на рис. 1.7–1.9.



Рисунок 1.7 – Накопичення бруду на поверхні емульсії в коробі без пластин

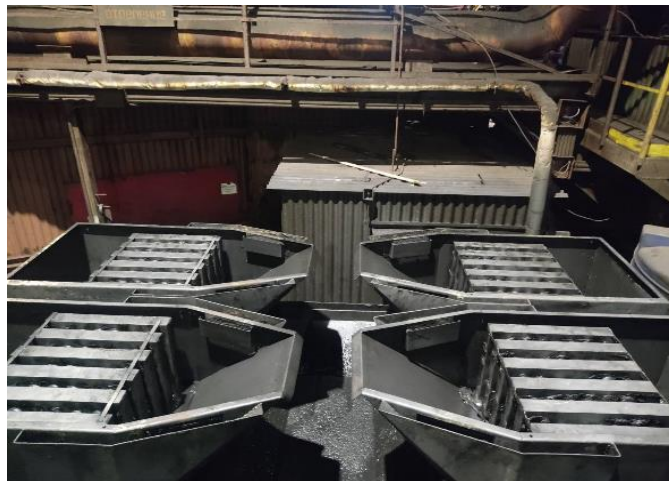


Рисунок 1.8 – Фото коробу без емульсії зі встановленими пластинами



Рисунок 1.9 – Накопичення бруду на поверхні емульсії в коробі зі встановленими пластинами

За результатами аналізу числа омилення брудної піни виявилось, що вона лише на 12% складається з емульсії, а 88 % складають гідравлічні мастила, які потрапляють у прокатний стан з систем гідравліки, та бруд. Значною перевагою корисної моделі, що заявляється, є оперативність видалення з прокатної емульсії гідравлічних мастил, поки вони не встигли заемульгувати під дією пакету присадок, наявних у емульсії. Вдосконалення системи очищення емульсії за рахунок встановлення П-подібних пластин дозволило на 15% знизити загальний рівень вмісту гідравлічних олів в прокатній емульсії, зекономити кошти на купівлю скімера, поліпшити якість холодного прокату за рахунок зменшення відсортуння по поверхневим забрудненням штаби.

За результатами проведеної роботи було подану заявку на корисну модель [23].

На додаток до наявної системи очищення розроблено використання прохідного магнітного фільтра, тому що наявна система очищення емульсії разом із механічними домішками виносить багато масляної складової. Вміст олії в шлам

досягає 70%, це значною мірою збільшує витрати емульсолу на прокатку (вартість якого 4 долари за літр). Роботу зі зниження витрат емульсолу під час холодної прокатки сталі доцільно вести в таких напрямках:

- зниження завантаження магнітних сепараторів;
- автоматизація подачі емульсії на стан холодної прокатки;
- оптимізація дозування системи емульсолем;
- виключення невиробничих втрат емульсії;
- усунення витоків мінерального масла в емульсію.

Для зниження витрати емульсії додатково встановити прохідний магнітний фільтр. Такий фільтр очищується 1 раз на зміну, вартість найпростішого - 400 євро (на малопотужну систему). Цей фільтр здебільшого відбирає металеві частинки і меншою мірою відбирає масло. Порівняльний аналіз шламів з цього фільтра за даними лабораторії наведено у табл. 1.6.

Таблиця 1.6 – Порівняння шламів, відібраних після різних фільтрів

Зразок	Вміст води, %	Вміст нафтопродуктів, %	Вміст механічних домішок, %
Шлам, відібраний з магнітного сепаратора стаціонарної системи МОР ЦХП	21,36	53,94	24,7
Шлам, відібраний з магнітного фільтра МФВІ-250, поставленого компанією «Квакер»	8,72	41,88	49,4

Тобто фільтр цього типу в 1,4 рази менше відбирає оливи з емульсії через те, що механічних домішок відбирає майже в 2 рази більше. Якщо перерахувати за відібраним вмістом механічних домішок, то кількість відібраної фільтром оливи знижується в 2,5 рази. Фільтр очищується вручну 3-4 рази на добу залежно від його забивання (на емульсійній системі з робочим баком 36 м<sup>3</sup> та об'ємом подачі емульсії на стан 640 м<sup>3</sup> на годину працював 1 фільтр МФВІ 250, на емульсійній системі у 200 м<sup>3</sup> і подачі емульсії 1900 м<sup>3</sup> на годину працювало 2 таких фільтри).

Тобто фільтр цього типу в 1,4 рази менше відбирає оливи з емульсії через те, що механічних домішок відбирає майже в 2 рази більше. Якщо перерахувати за відібраним вмістом механічних домішок, то кількість відібраної фільтром оливи знижується в 2,5 рази.

Фільтр чиститься вручну 3-4 рази на добу залежно від його забивання (на емульсійній системі з робочим баком 36 м<sup>3</sup> та об'ємом подачі емульсії на стан 640 м<sup>3</sup> на годину працював 1 фільтр МФВІ 250, на емульсійній системі у 200 м<sup>3</sup> і подачі емульсії 1900 м<sup>3</sup> на годину працювало 2 таких фільтри). Фільтр врізається в трубопровід стоку емульсії через байпас, паралельною гілкою, щоб у разі забивання фільтра і несвоєчасного його очищення не було переливу емульсії в стан. Прохідний магнітний фільтр завдяки своїй конструкції затримує більше частинок заліза, частинки масла змиваються з магнітів. При цьому наявне магнітне очищення з коробами не вимикається, просто можна проводити рідше кантування коробів (налаштувати автоматику не 1 раз на 2 години, а на 1 раз на 4 години) і таким чином менше забирати масла з прокатної емульсії. Така схема роботи дає змогу знизити витрату емульсолу на 10-15 %. За інформацією виробника обладнання можна взяти на тестування. Прохідний магнітний фільтр можливо застосовувати як доповнення до наявної системи очищення. Модель прохідного магнітного фільтра підбирається індивідуально для кожного прокатного стану. На рис. 1.10 та рис. 1.11 показано зовнішній вигляд такого прохідного магнітного фільтра.



Рисунок 1.10 – Зовнішній вигляд прохідного магнітного фільтра



Рисунок 1.11 – Очищення магнітного фільтра від налиплого бруду

Таким чином прохідний магнітний фільтр можливо використовувати разом, у парі з іншими системами магнітного очищення емульсії застарілої конструкції.

## РОЗДІЛ 2

### УЗАГАЛЬНЕННЯ ФАКТОРІВ ВПЛИВУ І ПІДХОДІВ ДО ОРГАНІЗАЦІЙНИХ ЗМІН ПІДПРИЄМСТВ ЧОРНОЇ МЕТАЛУРГІЇ НА ЗАСАДАХ BUSINESS PERFORMANCE MANAGEMENT

У цьому розділі об'єктом дослідження були передумови структурно-організаційних змін підприємств чорної металургії та оптимізація процедури впровадження проєктів трансформації бізнес-процесів гірничо-металургійних компаній на засадах Performance Management для підвищення операційної ефективності та досягнення бажаних результатів завдяки інструментарію управління змінами.

Розвиток управлінських концепцій, зокрема концепція управління ефективністю бізнесу (Business Performance Management), концепція збалансованої системи показників (індикаторів), що дозволяють інтегрувати стратегічний розвиток та операційну діяльність, застосувати стратегічний підхід до проєктування та реалізації управлінського рішення, спрямованого на розвиток підприємства, наразі оформлюється у глобальний тренд у сфері менеджменту підприємств в умовах невизначеності ринку. Суспільно-політична й економічна ситуація, яка склалася в Україні під час «повзучої анексії» Росією територій нашої країни від 2014 року і повномасштабного вторгнення 2022 року, додала до цих умов специфічні для гірничо-металургійної галузі України виклики і значні втрати потенціалу підприємств.

Одним з основних шоків для активів Групи «МЕТІНВЕСТ» станом на 2023 рік стала зупинка та руйнування активів. Після 24 лютого 2022 року ключові українські сталеплавильні компанії оголосили про консервацію виробництва у Маріуполі, Запоріжжі, Кривому Розі, Дніпропетровській області. До 24 лютого 2022 року портфель активів Групи «МЕТІНВЕСТ» налічував три сталеплавильні активи: Маріупольський меткомбінат ім. Ілліча та «Азовсталь» у Маріуполі,

«КАМЕТ-СТАЛЬ» у Дніпропетровській області. Наразі працює лише остання. Крім того, продовжує роботу спільне підприємство у Запоріжжі – «Запоріжсталь» [24]. Згортання металургійного виробництва, логістичні обмеження через удари Росії по залізничній інфраструктурі та блокаду морських портів, призов працівників до лав ЗСУ та інші наслідки агресії позначилися і на активах Групи «МЕТІНВЕСТ» іншого профілю. Так, ТОВ «МЕТІНВЕСТ - ПРОМСЕРВІС» є представником підприємств, основним напрямом діяльності яких є надання сервісних послуг. Основними функціями підприємства є ремонт металургійного, коксохімічного, гірничого обладнання та рухомого складу, а також надання послуг супроводу й технічного обслуговування устаткування цехів. Для підприємств ГМК, на сьогоднішній день, є єдина можлива стратегія – стратегія скорочення витрат. Враховуючи це було проаналізовано поточні структури відділів та виявлено, що за останні кілька років організаційна структура підприємства не мала глобальних змін, а ті зміни, що все ж таки відбулись дійсно проводились з метою скорочення витрат шляхом перегляду й перерозподілу функцій та оптимізації чисельності працівників, що призвело до зменшення навантаження на одиницю персоналу практично всіх підрозділів адміністративного корпусу.

Ці дані були підтвержені проведенням аналізу робочого дня (чек-листом) співробітників двох відділів, що входять до складу дирекції з персоналу та соціальних питань, а саме адміністративно-господарського відділу (загальна чисельність співробітників 11 осіб) та соціально-побутового відділу (загальна чисельність співробітників 9 осіб). Існуюча організаційна структура дирекції з персоналу та соціальних питань ТОВ «МЕТІНВЕСТ-ПРОМСЕРВІС» відображено на рис. 2.1.

В процесі аналізу були вивчені Поточні організаційні схеми, Положення про відділи, посадові інструкції та чек-листи працівників.

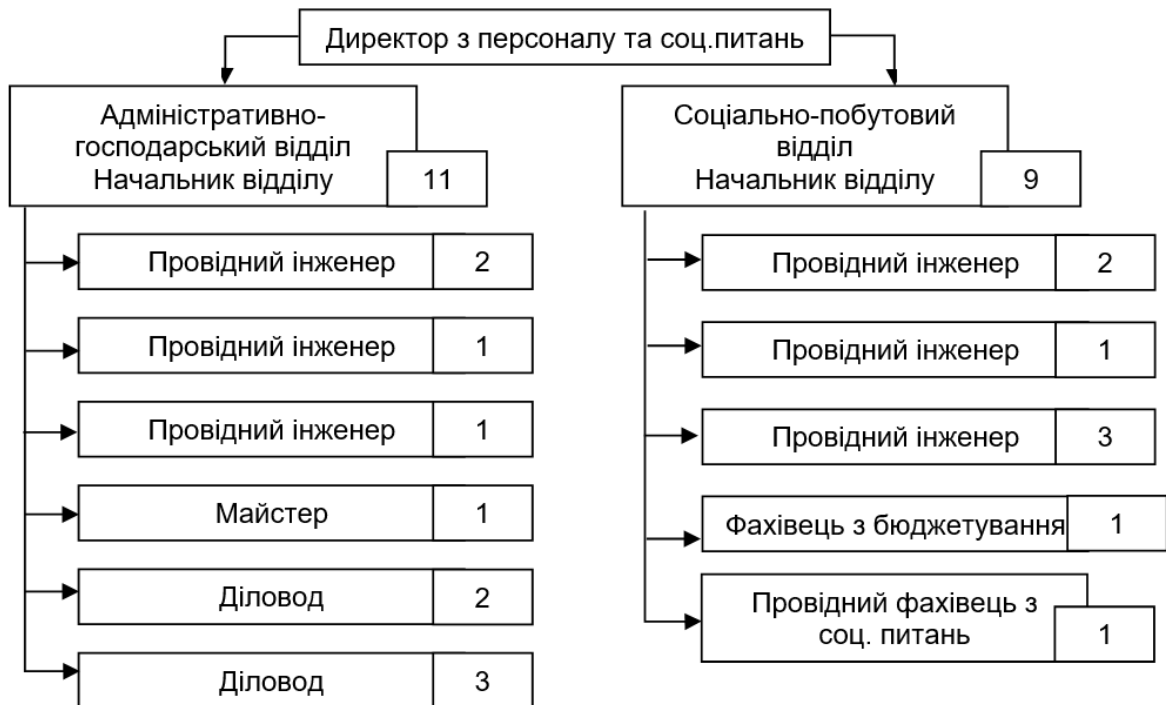


Рисунок 2.1 – Існуюча організаційна структура адміністративно-господарського та соціально-побутового відділів ТОВ «МЕТІНВЕСТ-ПРОМСЕРВІС»

За результатами опрацювання документації структурних підрозділів, що досліджувалися, можна зробити висновки:

- відділи мають схожий функціонал, в зв'язку з чим спостерігається дублювання функцій працівників і посадових осіб;
- протягом останнього року посаду виконуючого обов'язки начальника адміністративно-господарського відділу виконує начальник соціально-побутового відділу;
- працівники обох відділів мають низький рівень завантаженості за основним функціоналом.

На цій підставі запропоновано нову організаційну схему (рис. 2.2) з наступними змінами:

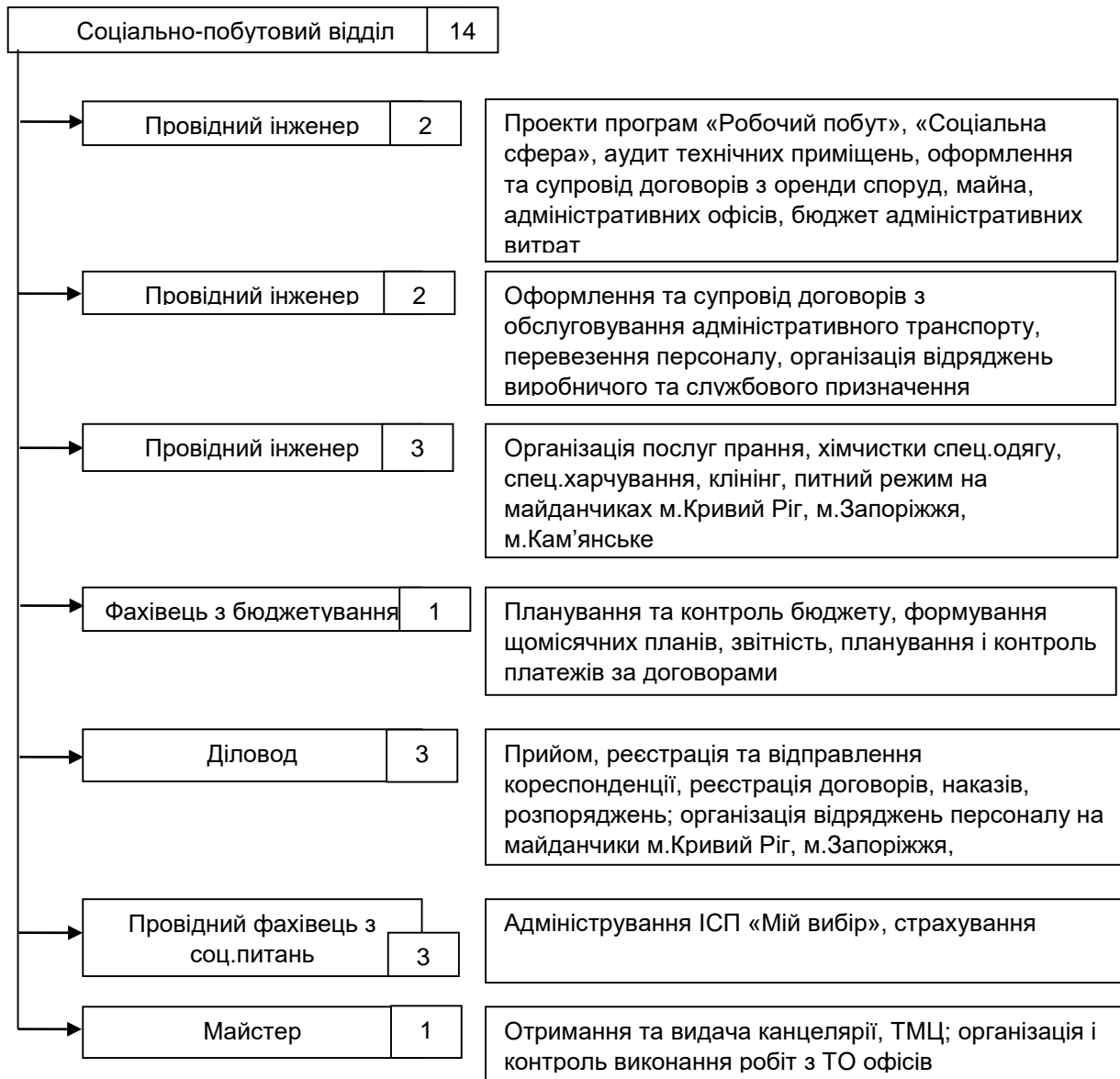


Рисунок 2.2 – Запропонована організаційна структура єдиного соціально-побутового відділу ТОВ «МЕТІНВЕСТ-ПРОМСЕРВІС»

- переведення персоналу адміністративно – господарського відділу в соціально-побутовий;
- скасування відділу адміністративно-господарського;
- перерозподіл робочого навантаження та перегляд виконуваних процесів між працівниками;

- персонал, що не приймає участі в робочому процесі підлягає скороченню, або переведенню в інші відділи.

За означених вище умов збереження конкурентоздатності на ринку вітчизняних гірничо-металургійних компаній не можливо без фокусування зусиль на підвищення операційної ефективності на основі концепції Performance Management як інтегрованого процесу планування, розподілу ресурсів, бюджетування і реалізації стратегій не тільки і не стільки окремих бізнес-одиниць, а корпоративної структури в цілому.

Наразі існує достатньо сформована база наукових праць з проблем підвищення операційної ефективності підприємств, зокрема з позиції проєктного підходу, реінжинірингу бізнес-процесів, ощадливого виробництва (lean manufacturing) та на засадах Performance Management, серед яких варто згадати таких вчених та фахівців-практиків як Данчева О. М., Кошелапова Ю. В.; Кобилуох О. Я.; Колос І. В. та інших. Разом з тим, залишається актуальним питання розробки адекватної сучасним умовам процедури трансформації бізнес-процесів вітчизняних гірничо-металургійних компаній з врахуванням доступного інструментарію реалізації проєктів забезпечення операційної ефективності та управління змінами, що і стало предметом подальшого дослідження.

Виявлено, що підвищення витрат на виробництво та незадовільна якість продукції становлять чи не найбільші проблеми вітчизняної металургії. Так, результати вивчення глобальних трендів і макросередовища ТОВ «МЕТІНВЕСТ ХОЛДИНГ», проведеного при оптимізації його корпоративної технологічної стратегії на 2017-2030 р.р., показали:

- посилення протекціонізму та обмежень доступних ємностей ринків збуту продукції;
- тенденцію до зростання затратної бази (заробітна плата, сировина, інші фактори);

- скорочення споживання залізорудної сировини (ЗРС) в Україні в результаті конфлікту і переорієнтація частки продукції на зовнішні ринки;
- акцент у продуктивій та технологічній стратегіях в сегменті сталюого прокату на зростання частки продукції з високою доданою вартістю.

Результати SWOT-аналізу ТОВ «МЕТІНВЕСТ ХОЛДІНГ» свідчать, що ці виклики він прийняв з хорошими стартовими позиціями (рис. 2.3).

Втрата у 2022 році активів Групи «МЕТІНВЕСТ» на південному сході України і глобальний тренд на «зелену металургію» створив Групі нові виклики:

- перехід на покупну сировину і втрата частки високомаржинального продукту;
- світовий тренд контролю викидів, прийнятий до поетапного впровадження, за якого ключові гравці ЄС-ринку вже розпочали проекти з переходу до 2025-2027 р.р.;
- ринок диктує зростаючий рівень якості продукції для високої маржи і утримання частки ринку;
- розвиток нових технологій, впровадження яких забезпечує конкурентоспроможність (для Групи «МЕТІНВЕСТ» - поетапний перехід на електросталь з впровадженням DRI окатиша та закриттям аглодоменного переділу, заміна аглодоменного виробництва на DRI та Smelter, ГКР із злитків на ЛПМ, лист, які забезпечують високу ефективність виробництва та якість продукції).

Використання інноваційних технологій та сучасних підходів до організації і автоматизації бізнес-процесів може значно покращити ефективність металургійного виробництва, зменшити витрати та підвищити якість продукції. Важливо, щоб компанії в металургійній галузі були відкриті до інновацій та мали можливість інвестувати у свій розвиток – як мінімум для збереження прибутковості бізнесу, а в ідеалі – для досягнення довгострокових конкурентних переваг на ринку та забезпечення стійкого розвитку.

<p><b>Сильні сторони</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Компанія генерує грошовий потік, достатній для ведення операційної діяльності.</li> <li>2. Собівартість на тону продукції низька (1 квартал витрат).</li> <li>3. Наявна стабільна стартова позиція в пласкому продукті, але якість потребує подальшого розвитку.</li> <li>4. Наявність власної сировини (ЗРС, частково – вугілля).</li> <li>5. Логістичні переваги як для сировини, так і для продукції.</li> <li>6. Глобальна мережа продажів, можливість гнучко реагувати на кон'юнктуру ринку.</li> <li>7. Позитивний імідж бренду компанії.</li> </ol>	<p><b>Слабкі сторони</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Низька частка продуктів з високою доданою вартістю в портфелі (сировина, напівфабрикати).</li> <li>2. Попит на низку продуктів перебуває в сегменті низької якості.</li> <li>3. Застарілі, технологічно відсталі фонди (мартенівське виробництво) 1950-60 р. будівництва.</li> <li>4. Слабкий внутрішній ринок, експортна орієнтація (до 80 %) металургійного комплексу.</li> <li>5. Реструктуризація боргу тимчасово обмежує залучення нового капіталу.</li> <li>6. Наявність персоналу (технічно грамотного і здатного виробляти складні/технологічні продукти), але незадовільна НТР-база/школи</li> </ol>
<p><b>Можливості</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Поліпшення продуктового портфелю і якості продукції, вихід більш маржинальні локальні/регіональні ринки.</li> <li>2. Зниження собівартості через підвищення продуктивності праці шляхом ІТ/автоматизації, кращих практик, підвищення енергоефективності.</li> <li>3. Максимізація виробництва сталі на існуючих площадках.</li> <li>4. Зростання внутрішнього ринку при відновленні економічного зростання.</li> <li>5. Подальший розвиток бізнес-систем (Lean, HAZID тощо)</li> </ol>	<p><b>Загрози</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Підвищення собівартості через порушення ланцюгів постачання та зростання потреб в оборотному капіталі.</li> <li>2. Зростання затратної бази (тарифи, зарплата, інші фактори).</li> <li>3. Загроза антидемпінгових розслідувань, втрата великих ключових ринків.</li> <li>4. Зростання екологічних вимог, необхідність інвестицій, стихійні акції на територіях присутності проти забруднення довкілля.</li> <li>5. Стагнація світового ринку, слабке зростання споживання сталі.</li> <li>6. Ризик подальшого зростання податкового навантаження на чорну металургію.</li> </ol>

Рисунок 2.3 – Результати SWOT-аналізу ТОВ «МЕТІНВЕСТ ХОЛДІНГ» станом на 2017 рік

Оскільки проєкт впровадження змін через інновації в умовах металургійного виробництва можна розглядати як проєкт, який передбачає певну трансформацію бізнесу, його удосконалення через переосмислення і зміну бізнес-процесів (у вигляді реінжинірингу бізнес-процесів), то такий проєкт може бути важливим кроком на шляху успішних змін. Такий проєкт необхідної трансформації (удосконалення) бізнес-процесів вітчизняних гірничо-металургійних компаній повинен передбачати певні основні етапи реалізації для забезпечення операційної ефективності та управління змінами, а саме:

1) Першим етапом такого проєкту в умовах металургійного виробництва є аналіз поточного стану підприємства та виявлення проблемних зон (якість продукції, тривалість та організація процесу виробництва, використання ресурсів, технічний стан обладнання та ін.), де можна покращити ефективність виробничого процесу.

2) Другим етапом є визначення та вибір оптимальних рішень для покращення бізнес-процесів (наприклад, регламентація, моделювання, оптимізація та автоматизація процесів, технічного обслуговування та ремонту обладнання, введення нових технологій тощо)

3) Третім етапом проєкту є розробка детального плану впровадження рішень. План повинен включати WBS (Work Breakdown Structure) та Organization Breakdown Structure (з оцінкою ресурсів, бюджету, термінів, встановленням відповідальних осіб тощо). Важливим аспектом цього етапу є забезпечення підтримки та залучення всіх рівнів підприємства до проєкту.

4) Четвертим етапом є впровадження запропонованих рішень в практику, їх моніторинг і контроль, внесення необхідних та своєчасних корегувань. Для цього необхідно провести тренінг та підготовку персоналу до роботи, забезпечити відповідну систему організацію функціонування, управління, обліку та контролю за виконанням нових процесів та ін. Після впровадження нових процесів необхідно провести аналіз їх ефективності та внести потрібні корективи;

забезпечити постійний моніторинг цих процесів та виявлення нових проблемних зон, щоб завжди бути в курсі того, що потрібно покращити для подальшого розвитку підприємства.

Одним із ключових викликів при реалізації проєкту реінжинірингу бізнес-процесів металургійного виробництва є забезпечення максимального використання наявних ресурсів та підтримки підприємства на всіх рівнях. Для досягнення успіху важливо мати чітке бачення цілей та стратегії розвитку, а також залучати до проєкту висококваліфікованих фахівців, які здатні забезпечити оптимальну реалізацію проєкту та досягнення поставлених цілей.

У результаті проєкту реінжинірингу бізнес-процесів металургійного виробництва можна отримати значні покращення в ефективності виробничого процесу, зниження витрат, покращення якості продукції та конкурентоспроможності підприємства. Важливо пам'ятати, що проєкт реінжинірингу бізнес-процесів є процесом трансформації бізнесу з метою підвищення операційної ефективності і тому потребує постійного моніторингу та вдосконалення, щоб забезпечити успішний розвиток підприємства у майбутньому.

На практиці загально прийнята процедура впровадження проєктів підвищення операційної ефективності на будь-якому промисловому підприємстві включає такі етапи:

1. Аналіз та оцінка поточного стану (проведення аналізу поточного стану підприємства, виявлення проблемних зон і потенційних можливостей для підвищення операційної ефективності).

2. Планування проєкту (визначення цілей, завдань і планових показників проєкту; розроблення плану проєкту, що включає розклад виконання завдань, оцінку бюджету, визначення ресурсів і розподіл обов'язків).

3. Розроблення концепції удосконалення – внесення змін (створення концепції поліпшення, що спиратиметься на результати аналізу поточного стану

бізнес-процесів і міститиме плани та рекомендації щодо оптимізації процесів і збільшення операційної ефективності).

4. Реалізація проєкту (реалізація плану проєкту, що містить у собі впровадження нових технологій, навчання персоналу, модернізацію виробничих процесів і впровадження нових систем управління).

5. Моніторинг і контроль (за виконанням проєкту згідно плану; показників проєкту; виявлення та усунення проблем і недоліків).

6. Оцінка результатів (оцінювання результатів проєкту та порівняння їх із плановими показниками, а також оцінювання ефективності реалізованих заходів і визначення додаткових можливостей для поліпшення).

7. Визначення подальших дій (визначення наступних кроків/заходів для поліпшення процесів, ітеративне повторення проєкту відповідно до плану розвитку підприємства).

Залежно від конкретних умов металургійного підприємства, цей алгоритм може бути змінений або доповнений додатковими етапами з врахуванням специфіки гірничо-металургійних компаній, рівня спротиву змінам та ін. факторів впливу внутрішнього та зовнішнього середовища.

Варто звернути увагу, що процедура управління змінами як одного з ключових факторів успіху проєкту, спрямованого на удосконалення (реінжиніринг) бізнес-процесів, може включати наступні кроки.

1. Перший крок до успішного впровадження змін - це ретельне планування. Важливо зрозуміти, які зміни необхідні та як вони вплинуть на бізнес. Потрібно визначити ключові метрики, що допоможуть оцінити успішність проєкту та планувати етапи впровадження змін.

2. Другим кроком є комунікація зі всіма зацікавленими сторонами. Комунікація дозволяє залучити весь колектив до процесу змін та зменшити опір до впровадження нововведень. Чітко визначені комунікаційні канали та їх регулярне використання дозволяють забезпечити успішне впровадження змін.

3. Третім кроком є ретельне планування впровадження змін. Важливо визначити терміни та порядок впровадження змін. Зміни можуть бути поетапними, що дозволить забезпечити робочий процес та уникнути серйозних проблем.

4. Четвертим кроком є оцінка успішності проєкту. Важливо провести аналіз після впровадження змін, щоб зрозуміти, як вони вплинули на бізнес та чи досягнуті поставлені метрики. Якщо зміни не принесли очікуваних результатів, потрібно визначити причини та знайти шляхи їх вирішення. На цьому етапі для оцінювання рівня забезпечення операційної ефективності промислового підприємства можуть бути використані такі критерії як:

1) Використання ресурсів, наприклад: наскільки ефективно підприємство використовує свої ресурси (фінансові, інтелектуально-трудова, матеріальні).

2) Якість продукції, наприклад: наскільки вироблена продукція відповідає вимогам клієнтів та внутрішнім нормативам і зовнішнім (міжнародним) стандартам якості, які використовуються на підприємстві.

3) Ефективність та продуктивність, наприклад: скільки продукції виготовляє підприємство протягом певного періоду часу, зокрема на одного працюючого.

4) Час виробництва, наприклад: скільки часу потрібно для виробництва одиниці продукції.

5) Рівень відходів, наприклад: якість контролю виробничого процесу та наскільки ефективно управляється відходами.

Для впровадження проєктів підвищення операційної ефективності на підприємстві можна використовувати різні методи, включаючи поєднання методу оцадливого виробництва та шість сигм. Метод оцадливого виробництва спрямований на виявлення та елімінацію витрат та неефективних процесів, що дозволяє знижувати витрати та підвищувати ефективність виробництва. Метод шість сигм, у свою чергу, базується на статистичному аналізі процесів

виробництва з метою зниження рівня дефектів та удосконалення якості продукції. Використання цих методів може допомогти підприємствам промисловості підвищити свою операційну ефективність та отримати більшу прибутковість. Також важливим кроком на шляху підвищення операційної ефективності та конкурентоспроможності на металургійному підприємстві може бути, наприклад, проєкт впровадження інновацій. Для успішного впровадження інновацій на металургійному підприємстві варто також передбачити наступні моменти:

- забезпечення необхідного фінансування для впровадження інновацій, включаючи пошук джерел фінансування (пошук інвесторів, залучення фінансування від держави або інших джерел).

- вибір інноваційних технологій, нових методів управління та інших нових рішень, які можуть бути використані на підприємстві з врахуванням його можливостей;

- план впровадження проєкту/проєктів (розробка детального плану впровадження проєкту нових рішень та програми змін, включаючи джерела фінансування, ресурси, бюджет, терміни та відповідальних осіб тощо), реалізація проєктів; оцінку результатів, підтримка та розвиток впроваджених інновацій для подальшого забезпечення стійкого, а також екологічно та соціально спрямованого розвитку;

- формування команди зі спеціалістів, які мають достатній досвід впровадження інновацій та знання в галузі металургії;

- співпраця з партнерами (іншими підприємствами та організаціями), які мають досвід в інноваційній галузі;

- проведення моніторингу та аналізу результатів впровадження інновацій для покращення ефективності проєкту та визначення додаткових можливостей для впровадження інновацій;

- забезпечення відкритої ефективної комунікації з персоналом підприємства, включаючи тренінги та навчання для співробітників щодо нових технологій та методів і умов праці.

Отже, в фокусі створення сучасним бізнесом умов для ефективного управління змінами з метою успішного впровадження інновацій в металургії необхідно обов'язково забезпечити на підприємстві ефективну комунікацію зі всіма стейкхолдерами, включаючи керівництво, співробітників, клієнтів, органи влади та постачальників. Крім того, важливо забезпечити підтримку та навчання для працівників, які будуть працювати в нових умовах, забезпечити програмні та технічні засоби для виконання нових процесів. Управління змінами є важливим елементом будь-якого проекту підвищення операційної ефективності. Зміни можуть відбуватись на всіх його етапах у всіх аспектах бізнесу, від виробничих процесів до організаційної культури, тому управління змінами є ключовим фактором успіху проекту. Саме тому важливо впроваджувати найбільш придатний для кожного конкретного випадку інструментарій управління змінами.

Припускаємо, що процедура управління змінами в металургії може включати такі етапи (рис. 2.4):

- 1) Аналіз потреб: визначення причин змін та їх потреби на підприємстві.
- 2) Визначення мети та цілей: визначення конкретних мети та цілей, які планується досягти в процесі змін.
- 3) Розробка стратегії: визначення стратегії, яка допоможе досягнути мети та цілей.
- 4) Оцінка впливу змін: оцінка можливого впливу змін на виробничі процеси та працівників.
- 5) Розробка плану впровадження: розробка плану впровадження змін, включаючи графік впровадження та необхідні ресурси.
- 6) Реалізація змін: проведення змін відповідно до розробленого плану.

7) Аналіз результатів: оцінка результатів впровадження змін та визначення досягнутих цілей.

Вважаємо, що управління змінами як необхідна умова успішної реалізації проєктів підвищення операційної ефективності (рис. 2.4) включає в себе залучення експертів з різних областей, які можуть допомогти визначити потрібні зміни та найкращі способи їх впровадження. Крім того, необхідно забезпечити відповідну підготовку персоналу та встановити процес моніторингу та результатів змін, розібратися в причинах, через які персонал компанії чинить опір прогресивним змінам у її діяльності і розробити своєчасну програму подолання перешкод.



Рисунок 2.4 – Основні етапи управління змінами для успішної реалізації проєктів підвищення операційної ефективності підприємств металургії

Вважаємо, що управління змінами як необхідна умова успішної реалізації проєктів підвищення операційної ефективності включає в себе залучення експертів з різних областей, які можуть допомогти визначити потрібні зміни та найкращі способи їх впровадження. Крім того, необхідно забезпечити відповідну підготовку персоналу та встановити процес моніторингу та результатів змін, розібратися в причинах, через які персонал компанії чинить опір прогресивним змінам у її діяльності і розробити своєчасну програму подолання перешкод.

Закордонні фахівці [25] вважають, що на практиці існує декілька найпоширеніших причин супротиву змінам:

1. Втрата статусу або гарантій зайнятості в компанії. Невизначеність і страх перед невідомим. Не в природі людини впроваджувати зміни, які вони вважають шкідливими для їхнього місця в компанії і тому, працівники чинитимуть опір адміністративним і технологічним змінам, які, на їх погляд, призводять до усунення або зменшення їхньої ролі. Примушувати інших до змін може бути одним з варіантів подолання проблеми, однак з часом, знайдуться прямі та непрямі способи чинити опір. Не продумана стратегія внесення змін, спрямована на подолання опору змінам, може спровокувати скритий саботаж, сильний опір і плинність кадрів. Чим менше персонал знає про зміни та їхній вплив на умови праці, зміни поточного статусу та рівня оплати праці, тим більше він буде боятися неприємних сюрпризів. За відсутності постійної двосторонньої комунікації з так званими «агентами змін», чутки заповнюють порожнечу і саботують зусилля зі здійснення змін. Насправді, постійна комунікація є одним з найважливіших інструментів для подолання опору змінам [25].

2. Тиск з боку колег. Незалежно від того, чи є член команди інтровертом чи екстравертом, все одно опір змінам він буде підтримувати, щоб захистити своїх колег або свої робочі групи. Як зазначав Абрахам Маслоу: «потреба належати до групи є потужною потребою на робочому місці і якщо зміни загрожують цим соціальним зв'язкам на робочому місці, деякі члени команди можуть чинити опір зусиллям» [25].

3. Клімат недовіри. Значущі організаційні зміни не відбуваються в атмосфері недовіри. Довіра - це крихкий актив, якому легко завдати шкоди. Довіра передбачає віру в наміри та поведінку інших. Взаємна недовіра прирече на провал навіть добре продуману ініціативу змін. Якщо «агенти змін» компанії намагаються впроваджувати зміни в середовищі, де більшість людей не довіряють один одному, то в цьому не буде успіху. Все одно доведеться витратити певний

час на відновлення довіри для отримання кращого результату від зусиль зі впровадження змін [25].

2. Персонал та різні стейкхолдери чинитимуть опір змінам, якщо не бачитимуть жодної вигоди або винагороди, або немає мотивації підтримувати зміни. Це часто означає, що системи винагороди та потужні не матеріальні мотиватори на робочому місці повинні бути змінені певним чином, щоб підтримати зміни, які керівництво (власник, топ-менеджмент) компанії хоче впровадити. Внутрішні винагороди є дуже потужними мотиваторами на робочому місці, які не мають грошового вираження. Дехто чинить опір змінам, щоб "довести", що рішення керівництва неправильне, або щоб показати, що людина, яка очолює зміни, не справляється із завданням. Інші можуть чинити опір через те, що втратять певну владу в організації. У таких випадках ці люди прагнуть, щоб зміни зазнали невдачі [25].

3. Страх невдачі. Радикальні зміни на роботі можуть викликати у персоналу сумніви щодо здатності виконувати свої обов'язки. Відоме - це зручно! Члени команди можуть чинити опір цим змінам, бо бояться, що не зможуть пристосуватися до нових вимог роботи. Страх є потужним мотиватором, який може зміцнити намір людей чинити опір зусиллям щодо впровадження змін. Тому потрібно допомогти членам команди подолати ці страхи [25].

4. Неправильний підхід до впровадження змін (нестача такту або невдалий вибір часу). Іноді не те, що робить лідер як «агент змін», а те, як він це робить, створює опір змінам. Надмірний опір може виникнути через те, що зміни впроваджуються у бездушний спосіб або у незручний час. Іншими словами, люди можуть бути згодні зі змінами, які лідер хоче впровадити, але вони можуть не погодитися з тим, як він збирається їх впроваджувати. Для того, щоб будь-які значні зміни були ефективними, «агенту змін» знадобляться продумана стратегія та продуманий підхід до їх впровадження, щоб подолати ці бар'єри [25].

Отже, на думку зарубіжних фахівців, основна причина опору змінам полягає в тому, що людям важко відмовитися від старих звичок і вчитися новому, й тому через схильність природи особистості до інерції, страху перед невідомим вони сприймають зміни як невизначеність власного майбутнього в компанії, так й втрату контролю над ситуацією і руйнування «status quo».

Як справедливо відмічається в матеріалах статті [26]: «Зміна та трансформація процесів – це завжди ресурсозатратно, адже треба знайти час, відповідального менеджера чи навіть зовнішнього консультанта. Це стає основною причиною, чому менеджери сумніваються, чи варто щось оптимізувати.»

Існує достатньо зручний та наочний спосіб для прийняття будь-яких рішень, у т.ч. щодо необхідності змін в компанії – це модель прийняття рішень – декартова система координат (рис. 2.5).



Рисунок 2.5 – Модель прийняття рішень [26]

За рекомендаціями співзасновника та керуючого партнера компанії «Boosta» Ярослава Баклана [26] «Після того, як рішення було прийнято, варто обрати методику оптимізації процесів. Їх існує досить багато, але найпоширенішою є DMAIC, яка розшифровується таким чином:

1) Define (визначте): розпочніть із визначення проблеми, цілі, процесу, параметрів.

2) Measure (виміряйте): зберіть показники, які потім зможете використати для того, щоб проаналізувати ефективність процесу.

3) Analyze (проаналізуйте): використовуючи отримані дані та визначені проблеми, з'ясуйте, у чому саме полягає неефективність процесу, що до цього призводить.

4) Improve (вдоскональте): розробіть стратегії, як можна покращити процес, що прибрати, додати чи автоматизувати. Впровадьте це.

5) Control (слідкуйте): контролюйте проміжні результати, порівнюючи їх зі зібраними на етапі Measure даними. Якщо стратегія довела свою ефективність, інтегруйте її в процес» [26].

Якщо є потреба в створенні процесу з нуля, варто розглянути концепцію DMADV, яка дещо відрізняється від попередньої :

1. Define (визначте): чітко окресліть цілі майбутнього процесу.

2. Measure (виміряйте): визначте критичні показники, яких важливо досягнути за допомогою впровадження процесу.

3. Analyze (проаналізуйте): враховуючи цілі та бажані показники, розробіть механіку процесу, який відповідатиме вашим вимогам.

4. Design (створіть): створіть процес та потестуйте його.

5. Verify (перевірте): запровадьте процес та перевірте його ефективність [26].

Аналіз рекомендацій закордонних фахівців [25, 27-30] також дозволяє констатувати, що для успішного проведення проєктів підвищення операційної ефективності та програм реінжинірингу бізнес-процесів необхідно забезпечити певні умови, а саме:

1. Ретельно підібрати людей для реалізації змін (це будуть т.зв. «агенти змін» або «прихильники змін»), оскільки надалі саме вони будуть контролювати процес впровадження змін на підприємстві, забезпечувати дотримання нової стратегії всіма співробітниками. Для цього успішний «агент змін» повинен володіти навичками як «hard skills», так й «soft skills», зокрема: лідерськими здібностями, знаннями про форми управління змінами та конфліктами, комунікативними здібностями та ін. [28].

2. Забезпечити своєчасне виявлення усіх проявів опору змінам робітниками та використовувати сучасні ефективні технології управління цим опором. Цей процес повинен супроводжуватися поясненням персоналу суті та причин внесення змін та доповнюватися його навчанням для більш швидкого впровадження змін. Якщо компанія впроваджує поєднану методологію «Lean Six Sigma», то вона отримує вигоду від застосування не одного, а двох перевірених підходів до підвищення операційної ефективності та продуктивності процесів (виявлення проблемних місць плюс забезпечення успішної реалізації заходів) [25, 27-30].

На наш погляд, необхідно своєчасно провести прогнозування результатів впровадження змін і оцінювання ризиків, визначити бар'єри впровадження змін та заходи їх подолання, розробити програми командоутворення, плани навчання та тренінгів, підготувати нові карти КРІ і матрицю ключових ролей та відповідальності, впровадити інші заходи сучасних технологій управління змінами та комунікації.

Процедура такої комунікації згідно порад, наведених у статті Ярослава Баклана в «Економічній правді» [26] може бути такою:

1. Загальне ствердження. ("У нас існує така проблема").

2. Перепона. (Розкажіть, як це заважає зараз).

3. Остаточна крапка. (Чому більше ми не можемо робити те, що робили раніше?).

4. Наша мета. (До чого ми йдемо?).

5. Результат. (Що зміниться після впровадження чи автоматизації процесу?).

6. Правила. (Що треба робити, аби цього досягнути?) [26].

Фахівці [25, 26, 28-30] радять використовувати технології управління змінами з самого початку проєкту, для цього необхідно впровадити наступне:

1. Створити структуру управління проєктом та змінами, яка буде загальною для всіх бізнес-підрозділів, яких торкнуться зміни внаслідок реалізації проєкту [25; 29].

2. Чітко визначите цілі, ресурси та бажані результати, потенційні ризики на початку та протягом всього життєвого циклу проєкту [28].

3. Уникати можливості передчасного демонтажу проєкту внаслідок браку коштів та ресурсів (ресурси повинні бути закладені в бюджет для досягнення мети повернення інвестицій, а не просто на «запуск») [25, 27-30].

4. Застосовувати заздалегідь розроблений «план впровадження», який містить як мінімум такі компоненти: визначення обсягу робіт, план та джерела фінансування і залучення ресурсів, графік готовності і дедлайнів, порядок внесення змін; командоутворення, план комунікації та розвитку тощо [26].

Одним з головних викликів, з якими зіштовхуються ініціативи з реінжинірингу бізнес-процесів горно-металургійного комплексу, є внесення змін в ці процеси компанії. Існує достатньо прикладів, які свідчать про те, що компанія може підвищити операційну ефективність завдяки впровадженню проєктів з комбінації методологій бережливого виробництва та покращення якості продукції («Lean Six Sigma»), а також інших заходів «performance management», однак навіть після визначення «вузьких місць» жодне вдосконалення і підвищення продуктивності не відбуватиметься без усвідомлення персоналом необхідності

змін та їх впровадження на практиці з подальшим управлінням змінами. «Lean Six Sigma» та інші заходи постійного вдосконалення знову і знову доводили, що за своєю суттю вони передбачають й зміну поведінки. Досвід закордонних та вітчизняних підприємств не одноразово довів, що не буде жодного покращення, доки люди не змінять свою поведінку та не будуть готові використовувати новий процес, нові знання та досвід, інновації та новий інструментарій за призначенням й на постійній основі. Однією з головних причин потенційних перешкод новаціям (як й будь-яким змінам) є те, що існує такий феномен людської природи - так званий «опір змінам», що пояснює той факт, що рішення щодо змін можуть бути ретельно розроблені, але на етапі впровадження та реалізації стискатися із непередбаченими перешкодами зі сторони виконавців в самої компанії.

## ВИСНОВКИ

1. Порівняння методів виробництва сталі показало значні відмінності в енергоспоживанні. Мартенівський процес, застарілий і менш ефективна ніж ДСП, але залишається актуальним у виробництві певних марок сталі. Процес Midrex H2, зі своїм високим енергоспоживанням та зниженими викидами, представляє перспективну альтернативу, особливо в умовах посилення екологічних норм. Дугова сталеплавильна піч, попри високе енергоспоживання, має переваги у вигляді гнучкості та ефективності в переробці брухту сталі. Дослідження підкреслює різну енергоефективність різних технологій. Показано, що порівняння методів виробництва сталі застарілого процесу аглодоменного виробництва з мартенівською піччю і Midrex H2 з ДСП виявляє значні відмінності в енергоспоживанні. Впровадження сучасних технологій, таких як Midrex H2 і ДСП, є ключовими для зменшення вуглецевого сліду та підвищення енергоефективності, що важливо для майбутнього галузі.

2. На основі аналізу літератури та принципів роботи пристроїв для очищення стічної емульсії запропоновано нову конструкцію пристрою для цеха холодного прокату. З'ясовано, що нова конструкція пристрою очищення стічної емульсії з використанням П-подібних пластин забезпечує ефективне видалення гідравлічних мастил і забруднень з поверхні емульсії. Встановлено, що П-подібні пластини значно знижують вміст гідравлічних олив в емульсії, покращуючи якість холодного прокату та зменшуючи витрати на купівлю скімера. Запропоновано використання прохідного магнітного фільтра, який додатково підвищує ефективність очищення, зменшуючи вміст олії в шламі та знижуючи витрати емульсолу на прокатку. Порівняльний аналіз встановив значне підвищення видалення механічних домішок за допомогою магнітного фільтра, що призводить до зниження вмісту олії в емульсії. Показано, що нова система очищення не потребує додаткового обслуговування та працює в автоматичному режимі,

підвищуючи її ефективність і знижуючи експлуатаційні витрати. Встановлено, що запропоновані удосконалення дозволяють оптимізувати процес очищення емульсії, забезпечуючи кращу якість продукції та зниження витрат на виробництво.

3. Виявлено чинники, викликані наслідками збройної агресії проти України, які обумовлюють підходи до організаційно-структурної трансформації адміністративно-управлінських підрозділів ТОВ «МЕТІНВЕСТ-ПРОМСЕРВІС» (зокрема: дублювання функціоналу підрозділів, низький рівень завантаженості працівників при їх недостатній кількості, суміщення одним працівником кількох не пов'язаних між собою функціоналів, делегування повноважень працівникам з недостатнім рівнем кваліфікації) і розроблено оптимізовану організаційну структуру єдиного соціально-побутового відділу ТОВ «МЕТІНВЕСТ-ПРОМСЕРВІС» з розподілом повноважень і функціональних обов'язків.

4. Визначено фактори зовнішнього і внутрішнього середовища компанії гірничо-металургійного бізнесу, що обумовлюють необхідність активного переходу до реалізації концепції Business Performance Management, та обгрунтовані етапи процедури управління змінами для успішної реалізації проєктів підвищення операційної ефективності підприємств металургії.

5. Узагальнено підходи до побудови і реалізації моделі прийняття рішень з управління змінами та організації комунікацій при впровадженні відповідних проєктів, які мінімізують рівень опору змінам на індивідуальному рівні.

6. Результати роботи опубліковані [31-76]. Основні результати впроваджено у навчальний процес ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА» (див. Додаток).

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Каленков О. Запуск СВММ може погіршити позиції української металургії у світ. gmk.center. URL: <https://gmk.center/ua/opinion/zapusk-cbam-mozhe-pogirshiti-pozicii-ukrainskoi-metalurgii-u-sviti/>.
2. Чайка О., Корнілов Б., Москалина А., Лебідь В., Ізюмський М., Джигота М. Аналіз скорочення викидів вуглекислого газу з доменної печі в умовах використання перспективних та існуючих технологій доменної плавки. *Фундаментальні та прикладні проблеми чорної металургії*. 2023. Т. 37. С. 158–174. URL: <https://doi.org/10.52150/2522-9117-2023-37-158-174>
3. Тубольцев Л., Чайка О., Бабаченко О. Перспективи розвитку металургійного виробництва в Україні за рахунок використання нових технологій. *Фундаментальні та прикладні проблеми чорної металургії*. 2023. Т. 37. С. 4–25. URL: <https://doi.org/10.52150/2522-9117-2023-37-4-25>
4. Sarkar S., Bhattacharya R., Gopal R., Kumar sen P. Modeling MIDREX based process configurations for energy and emission analysis. *Steel research international*. 2017. Vol. 89, Issue 2. pp. 1700248. URL: <https://doi.org/10.1002/srin.201700248>
5. Kazalski P., Yoong K. A Study on the Patented MIDREX Reformer and Its Adaptability to the H<sub>2</sub> Economy. *AISTech 2024*, 6–9 May, 2024. URL: <https://doi.org/10.33313/388/028>.
6. Herpin F., Cernicharo J., Heras A. H<sub>2</sub> Emission from CRL618. *Molecular Hydrogen in Space*. Cambridge Univ. Press, 2000, pp. 151–154. URL: <https://doi.org/10.1017/cbo9780511564635.022>
7. Millner R., Rothburger J., Rammer B., Boehm C., Sterrer W., Ofner H., Chevrier V. MIDREX H<sub>2</sub> – The Road to CO<sub>2</sub>-Free Iron and Steelmaking. *AISTech 2021*. 01 June 2021. URL: <https://doi.org/10.33313/382/125-20514-049>
8. ЄВРОПЕЙСЬКА КОМІСІЯ : Інтегроване запобігання та контроль забруднення. Довідковий документ щодо найкращих доступних технологій та

методів управління (ДД НДТМ) у ковальській та ливарній промисловості. Травень 2020 р. [mepr.gov.ua](http://mepr.gov.ua). URL: [https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2023/07/sf\\_bref\\_0505\\_1\\_ukr\\_ed\\_final.pdf](https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2023/07/sf_bref_0505_1_ukr_ed_final.pdf)

9. Legemza J., Fröhlichová M., Findorák R. Biomass and Carbon Fuels in Metallurgy. CRC Press, 2020. 292 p. URL: <https://doi.org/10.1201/9780429274039>

10. Habashi F. Pollution problems in the metallurgical industry: A review. *Journal of Mining & Environment*. 2011. Vol. 2, Issue 1. pp. 17–26. URL: <https://doi.org/10.22044/jme.2012.16>

11. Operation Modes of Electric Motors of Reversing Cold Rolling Mill 1680 while Rolling with Emulsions / V. Kukhar, M. Korenko, V. St’opin, I. Karmazina, A. Elchaninov, S. Hurkovska, A. Prysiashnyi, V. Zubrytskyi // *Modern Electrical and Energy System*. (MEES’2019) ; *2019 IEEE International Conference on Modern Electrical and Energy Systems (MEES)*. Kremenchuk, Ukraine : Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University, September 23–25, 2019. pp. 46–49. URL: <https://doi.org/10.1109/MEES.2019.8896465>

12. Kukhar V. V., Balalayeva E. Y., Hornostai V. M. Comparison of Energy-Power Parameters and Electrical Energy Consumption During Cold Rolling with Emulsions at Continuous 4-Stand Mill 1680. *2022 IEEE 4th International Conference on Modern Electrical and Energy System (MEES)*, Kremenchuk, Ukraine, 2022, pp. 1–5. URL: <https://doi.org/10.1109/MEES58014.2022.10005716>

13. Kukhar V., Spichak O., Karmazina I., Malii K., Gribkov E., Dobronosov Y. Synthesis Analysis of Energy Intensity Dependence for Tandem Mills Thin-Plate Rolling on Various Grade Emulsols Rheological Properties. *2023 IEEE 5th International Conference on Modern Electrical and Energy System (MEES)*, Kremenchuk, Ukraine, 2023, pp. 1–4. URL: <https://doi.org/10.1109/MEES61502.2023.10402500>

14. Василев Я.Д., Замогильный Р.О., Самокиш Д.М. Інженерна методика визначення антифрикційної ефективності емульсолів для холодної прокатки по їх

фізико-хімічним властивостям. *Теорія і практика металургії*. №6, 2018. С. 15–21.  
URL: <https://doi.org/10.34185/tpm.6.2018.2>

15. Vergne P., Kamel M., Querry M. Behavior of Cold-Rolling Oil-in-Water Emulsions: A Rheological Approach. *Journal of Tribology*. 1997. Vol. 119, no. 2. pp. 250–258. URL: <https://doi.org/10.1115/1.2833173>

16. Fujita N., Kimura Y. Plate-out efficiency related to oil-in-water emulsions supply conditions on cold rolling strip. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part J: Journal of Engineering Tribology*. 2012. Vol. 227, no. 5. pp. 413–422. URL: <https://doi.org/10.1177/1350650112467873>

17. Sun J. L., Zhang B. T., Dong C. Effects of ferrous powders on tribological performances of emulsion for cold rolling strips. *Wear*. 2017. Vol. 376-377. pp. 869–875. URL: <https://doi.org/10.1016/j.wear.2016.12.012>

18. Regeneration of an oil-in-water emulsion after use in an industrial copper rolling process / E. Fernández et al. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. 2005. Vol. 263, no. 1–3. pp. 363–369. URL: <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2004.12.042>

19. Antonicelli M., Liuzzo U., Palumbo G. Evaluation of the Effect of a Natural-Based Emulsion on the Cold Rolling Process. *Journal of Manufacturing and Materials Processing*. 2023. Vol. 7, no. 4. pp. 121. URL: <https://doi.org/10.3390/jmmp7040121>

20. Dubey, S.P., Sharma, G.K., Shishodia, K.S. and Sekhon, G.S. (2005), "A study of lubrication mechanism of oil-in-water (O/W) emulsions in steel cold rolling". *Industrial Lubrication and Tribology*. Vol. 57, no. 5, pp. 208–212. URL: <https://doi.org/10.1108/00368790510614190>

21. Пристрій для очищення стічних вод емульсії холодної прокатки (UA); Cold rolling oil emulsion wastewater treatment device (EN); 一种冷轧油乳化液废水处理装置 (ZH) : пат. CN209835717 Китай : IPC C02F 1/40, C02F 1/02, B21B 45/02, C02F 103/16. № 201920634917.5 ; заявл. 06.05.2019 ; опубл. 24.12.2019. 4 с.

22. Мобільний пристрій для очищення та регенерації виробничих технологічних емульсій та розчинів : пат. UA49139 Україна : МПК C02F 1/463 (2006.01). № u200907252 ; заявл. 10.07.2009 ; опубл. 26.04.2010, Бюл. № 8. 5 с.

23. Пристрій очищення стічної емульсії та водоемульсійних рідин : Україна : МПК (2024.01) C 02 F 1/40, B 01 D 17/02, B 01 D 35/06. Заявка № u 2024 01378 ; заявл. 15.03.2024. 5 с.

24. Агапова В. Що лишилось від української металургії. Економічна правда, середа, 29 березня 2023, 09:15, URL: <https://www.epravda.com.ua/publications/2023/03/29/698540/> (дата звернення: 07.06.2024).

25. Paula Alsher. (2022). Change management and operational excellence: a great solution poorly implemented won't produce sustained adoption. URL: <https://www.imaworldwide.com/blog/change-management-and-operational-excellence-a-great-solution-poorly-implemented-wont-produce-sustained-adoption> (дата звернення: 07.04.2024).

26. Баклан Я. Операційна ефективність: як правильно оптимізувати бізнес-процеси компанії. Економічна правда: електронне видання. Випуск від 19.12.2022. URL: <https://www.epravda.com.ua/columns/2022/12/19/695184/> (дата звернення: 07.04.2024).

27. Cruz A. Traditional, Agile and Lean Project Management – A Systematic Literature Review. The Journal of Modern Project Management. 2020. Vol. 8, No.2 pp. 86-95. URL: <https://www.journalmodernpm.com/index.php/jmpm/article/view/JMPM02407> (дата звернення: 13.05.2024)

28. Harrison D. The difference between change management and project management. Website Implementation Management Associates, Inc. (IMA): IMA's Implementing Organizational Changes. 2019. URL: <https://www.imaworldwide.com/blog/topic/project-management> (дата звернення: 07.04.2024).

29. Gupta A. Who is a change agent and what is their role? Website «Motadata». 2022. URL: <https://www.motadata.com/uk/blog/change-agent/> (дата звернення: 13.05.2024).
30. Tanner R. Organizational Change: 8 Reasons Why People Resist Change. Management Journey: analytical materials of the blog «Business Consulting Solutions LLC», Jan 28, 2023. URL: <https://managementisajourney.com /organizational-change-8-reasons-why-people-resist-change/> (дата звернення: 13.05.2024).
31. Журавльова С.В., Стоянов О.М., Нізяєв К.Г., Малій Х.В., Синегін Є.В., Мамешин В.С. Технології позапічної десульфурзації сталі: Монографія. Дніпро: Середняк Т.К., 2024. 150 с.
32. Удосконалення процесу правки гарячекатаних листів і листопривильних машин для його реалізації : монографія / Е. П. Грибков, Є. Ю. Гаврильченко, Ю. К. Доброносів. Одеса : Олді+, 2023. 184 с.
33. Kukhar V. V., Kurpe O. H., Malii K. V. Implementation of Quality Management System for Production of TMCP Treated 10Mn2VNbAl steel heavy plates [Chapter]. MININGMETALTECH 2023 – The mining and metals sector: integration of business, technology and education : Scientific monograph. Riga, Latvia : “Baltija Publishing”, 2023. P. 41–62. <http://dx.doi.org/10.30525/978-9934-26-382-8-3>.
34. English for metal forming engineering and research in metallurgy and material science. 2nd revised and expanded edition : a tutorial / I. Nikitina, Т. Курпыта, V. Boiarkin, V. Kukhar, K. Malii, O. Khoroshailo; Ed. by prof. V. Kukhar. Odessa : Oldi+, 2024. 144 p.
35. Кухар В., Кустіков В., Малій Х. Використання методів евристики та функціонально-вартісного аналізу для удосконалення контролю зношування та оптимізації ремонтів футерівки індукційної сталеплавильної печі [Chapter]. The development of technical, agricultural and applied sciences as the main factor in improving life : Collective monograph. Primedia eLaunch, Boston, USA, 2024. Pp. 305–319. <https://doi.org/10.46299/ISG.2024.MONO.TECH.2.11.1>

36. Кухар В. В., Малій Х. В., Штода М. М., Грудкіна Н. С., Бойко І. О., Спічак О. Ю. Визначення впливу геометрії штрипса, режимів стикового зварювання та валкового формування на міцність зварного шву холодногнутих коритних профілів. Обробка матеріалів тиском: зб. наук. пр. / ДДМА. Краматорськ – Тернопіль : ДДМА, 2023. № 1 (52). С. 145–153. [https://doi.org/10.37142/2076-2151/2023-1\(52\)145](https://doi.org/10.37142/2076-2151/2023-1(52)145).

37. Gribkov E., Dobronosov Y., Kukhar V., Balalayeva E., Marchenko I., Hrudkina N. Computer Modelling of Pipe Straightening Process on a Six-Roller Cross-Roll Machine. 2023 IEEE 18th International Conference on Computer Science and Information Technologies (CSIT), Lviv, Ukraine, 2023, P. 1-4. <https://doi.org/10.1109/CSIT61576.2023.10324256>.

38. Kurpe O. H., Kukhar V. V. Experience of the Hot-Rolled Products Production from High-Strength Steel of Grade Type 32NiCrMoV9 of 5 mm Thickness. Metallophysics and Advanced Technologies = Metallofizika i Noveishie Tekhnologii. 2023. Vol. 45, No. 5. P. 687–697. <https://doi.org/10.15407/mfint.45.05.0687>.

39. Грибков Е. П., Доброносів Ю. К., Кухар В. В., Малій Х. В. Тривимірний аналіз напружено-деформованого стану металу при правці труб на правильних косовалкових машинах зі спеціальним профілюванням валків. Metall and casting of Ukraine = Метал та лиття України. 2023. Vol. 31, №3 (334). С. 64–71. <https://doi.org/10.15407/steelcast2023.03.064>.

40. Kukhar V., Balalayeva E., Malii K. Post Rejection Renewal of Mechanical Properties for Mild Steel Electrical Wire by Cold Multi-Pass Drawing. 2023 IEEE 5th International Conference on Modern Electrical and Energy System (MEES), Kremenchuk, Ukraine, 2023, P. 1–5. <https://doi.org/10.1109/MEES61502.2023.10402407>.

41. Kukhar V., Malii K., Shtoda M., Hrudkina N., Boiko I., Spichak O. Influence of Welding Current and Electric Butt-Welding of Strip Conditions on the U-Channel

Section Strength After Roll-Forming. 2023 IEEE 5th International Conference on Modern Electrical and Energy System (MEES), Kremenchuk, Ukraine, 2023, P. 1–5. <https://doi.org/10.1109/MEES61502.2023.10402482>.

42. Kukhar V., Spichak O., Karmazina I., Malii K., Gribkov E., Dobronosov Y. Synthesis Analysis of Energy Intensity Dependence for Tandem Mills Thin-Plate Rolling on Various Grade Emulsols Rheological Properties. 2023 IEEE 5th International Conference on Modern Electrical and Energy System (MEES), Kremenchuk, Ukraine, 2023, P. 1–4. <https://doi.org/10.1109/MEES61502.2023.10402500>.

43. Кухар В. В., Кас'яненко С. Ф., Бурко В. А. Удосконалення засобів індивідуального захисту від падіння з висоти методами фокальних об'єктів та контрольних запитань. Вісник Приазовського державного технічного університету : зб. наук. пр. / ДВНЗ «ПДТУ». Дніпро, 2023. Серія : Технічні науки, Вип. 47. С. 249–258. <https://doi.org/10.31498/2225-6733.47.2023.300066>.

44. Кухар В. В., Слюта В. В. Вдосконалення процесу розслідування нещасних випадків на виробництві методом фокальних об'єктів. Вісник Приазовського державного технічного університету : зб. наук. пр. / ДВНЗ «ПДТУ». Дніпро, 2023. Серія : Технічні науки, Вип. 47. С. 259–272. <https://doi.org/10.31498/2225-6733.47.2023.300067>.

45. Kukhar V., Kurpe O., Malii K. Temperature Field Behavior on Plate Width at Thermomechanical Rolling of Low Carbon Microalloyed Steel at the Steckel Mill. Lecture Notes in Mechanical Engineering. (In: Tonkonogyi, V., Ivanov, V., Trojanowska, J., Oborskyi, G., Pavlenko, I. (eds), Advanced Manufacturing Processes V., InterPartner 2023). Springer, Cham, 2024. P. 276–285. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-42778-7\\_25](https://doi.org/10.1007/978-3-031-42778-7_25).

46. Kukhar V., Vasylevskyi O., Malii K., Zurnadzhy V., Efremenko B., Sili I. Development of Manufacturing Process for High-Chromium Steel Large Welding Roll. Defect and Diffusion Forum. 2024. Vol. 430. P. 23–29. <https://doi.org/10.4028/p-S55ows>.

47. Development of Manufacturing Process for High-Chromium Steel Large Welding Roll / V. Kukhar, O. Vasylevskyi, K. Malii, V. Zurnadzhy, B. Efremenko, I. Sili. 5th International Conference on Materials Science and Manufacturing Technology. Selected peer – reviewed extended articles based on abstracts presented at the 5th International Conference on Materials Science and Manufacturing Technology (ICMSMT 2023) : Aggregated Book / ed. by Ramya Muthusamy, Thangaprakash Sengodan; Vol. 107 of Scientific Books Collection. Baech, Switzerland, 2024. Pp. 439–445. URL: <https://www.scientific.net/book/5th-international-conference-on-materials-science-and-manufacturing-technology/978-3-0364-1193-4>.

48. Murawski K., Wahrhaftig A. de M., Kukhar V., Strelnikova E. A., Shvets A., Omare H., Slimani A., Belaid T., Ammari F. FEM Lateral Buckling and Stress Analysis of Semi-slender Thin-walled Cylindrical Pinned Column  $\phi 45 \times 1 \times 545$  mm Made of Steel St35 with an Arched Geometrical Imperfection of 0.5 mm Computed with  $E = 202\,768$  MPa and  $E_{sh} = 0$  MPa. Stability of Structures – Journal of Critical Engineering. 2024, May, Pp. 1–114.

[https://www.researchgate.net/publication/380264071\\_FEM\\_Lateral\\_Buckling\\_and\\_Stress\\_Analysis\\_of\\_Semi-slender\\_Thin-walled\\_Cylindrical\\_Pinned\\_Column\\_phi45x1x545\\_mm\\_Made\\_of\\_Steel\\_St35\\_with\\_an\\_Arched\\_Geometrical\\_Imperfection\\_of\\_05\\_mm\\_Computed\\_with\\_E\\_202\\_768](https://www.researchgate.net/publication/380264071_FEM_Lateral_Buckling_and_Stress_Analysis_of_Semi-slender_Thin-walled_Cylindrical_Pinned_Column_phi45x1x545_mm_Made_of_Steel_St35_with_an_Arched_Geometrical_Imperfection_of_05_mm_Computed_with_E_202_768)

49. Gribkov E., Dobronosov Y., Kukhar V., Malii K., Hrudkina N. Finite element simulation of pipe straightening in a 3-pair cross roll machine with symmetrical and asymmetrical profiling of the outer rolls. Academic Journal of Manufacturing Engineering. 2024. Vol. 22, Issue 1. pp. 50–58. URL: [https://www.ajme.ro/PDF\\_AJME\\_2024\\_1/L5.pdf](https://www.ajme.ro/PDF_AJME_2024_1/L5.pdf)

50. Kukhar V., Kurpe O., Malii K. Temperature Field Behavior on Plate Width at Thermomechanical Rolling of Low Carbon Microalloyed Steel at the Steckel Mill. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Advanced Manufacturing Process : Book of Abstracts of the 5th Grabchenko's International Conference on Advanced Manufacturing Process,

Odessa, Ukraine, September 5–8, 2023 / Volodymyr Tonkonogyi, Vitalii Ivanov, Ivan Pavlenko, Justina Trojanowska (Eds.). Sumy : IATDI, 2023. P. 52.

51. Kukhar V. V., Malii Kh. V., Wu Kaiming. Implementation of Preventive Quality Management System for Production of TMCP Processed 10Mn2VNbAl Steel Heavy Plates. International scientific conference “MININGMETALTECH 2023 – The mining and metals sector: integration of business, technology and education” : conference proceedings (November 29–30, 2023. Riga, the Republic of Latvia). Riga, Latvia : “Baltija Publishing”, 2023. Vol. 1. P. 64–67. <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-18>.

52. Кухар В.В., Спичак О.Ю. Вдосконалення системи очищення емульсії станів холодної прокатки ЦХП з метою видалення гідравлічних олив з прокатної емульсії. International scientific conference “MININGMETALTECH 2023 – The mining and metals sector: integration of business, technology and education” : conference proceedings (November 29–30, 2023. Riga, the Republic of Latvia). Riga, Latvia : “Baltija Publishing”, 2023. Vol. 1. P. 67–70. <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-19>.

53. Kukhar V. V. Program of The Discipline on The Organization of Scientific Research for Students of Technical Specialties of The Master’s Level, Studying in The Dual Form of Education. International scientific conference “MININGMETALTECH 2023 – The mining and metals sector: integration of business, technology and education” : conference proceedings (November 29–30, 2023. Riga, the Republic of Latvia). Riga, Latvia : “Baltija Publishing”, 2023. Vol. 1. P. 146–152. <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-47>.

54. Кас’яненко С. Ф., Кухар В. В. Аналіз засобів індивідуального захисту від падіння при роботах на висоті та виявлення перспектив удосконалення їх конструкцій. Студентська науково-технічна конференція «Наука – перші кроки»: тези доповідей: в 2 т. Т. 1. Дніпро: ПДТУ, 2024. С.73–75.

55. Кухар В. В., Кустіков В. В., Ву К.-М. Визначення раціональної системи контролю за станом футерівки індукційних сталеплавильних печей методом

фокальних об'єктів. Авіація, промисловість, суспільство : матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції (м. Кременчук, 16 травня 2024 року) / Міністерство внутрішніх справ України, Харківський національний університет внутрішніх справ, Кременчуцький льотний коледж., Науковий парк «Наука та безпека». Харків : ХНУВС, 2024. С. 388–392.

56. Кухар В. В., Кружилко О. Є. Кас'яненко С. Ф., Савейкін В. С. Удосконалення засобів індивідуального захисту від падіння при роботах на висоті. Проблеми охорони праці, промислової та цивільної безпеки : збірник матеріалів Тридцятої Всеукраїнської науково-методичної конференції (з участю студентів), м. Київ, 15 травня 2024 р. К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024. С. 77–79.

57. Кухар В. В., Тимошенко Д. О. Порівняння аглодоменного переділу та технології прямого відновлення заліза midrex H2 у контексті переходу до зеленої металургії. Важке машинобудування. Проблеми та перспективи розвитку : Матеріали XXII Міжнародної науково-технічної конференції 28 – 30 травня 2024 року / за заг. ред. В. Д. Ковальова. Краматорськ-Тернопіль: ДДМА, 2024. С. 114–116.

58. Спорядження для всього тіла для роботи на висоті / Кас'яненко С.Ф., Кухар В.В., Малій Х.В., Володченкова Н.В., Кружилко О.Є.; Заявка № u 2024 01372, від 15.03.2024. 6 с.

59. Комбіноване спорядження зі спеціального одягу та страхувальних ременів / Кас'яненко С.Ф., Кухар В.В., Малій Х.В., Володченкова Н.В., Кружилко О.Є.; Заявка № u 2024 01375, від 15.03.2024. 6 с.

60. Пристрій очищення стічної емульсії та водоемульсійних рідин / Спічак О.Ю., Шестопапов О.В., Кухар В.В., Пашинський В.В., Малій Х.В.; Заявка № u 2024 01378, від 15.03.2024. 5 с.

61. Shtoda M. Wear of Oval and Round Calibers Rolls of High-Speed Wire Block. In: Tonkonogyi, V., Ivanov, V., Trojanowska, J., Oborskyi, G., Pavlenko, I. (eds) Advanced Manufacturing Processes V. InterPartner 2023. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham. 2024. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-42778-7\\_20](https://doi.org/10.1007/978-3-031-42778-7_20)

62. Shtoda M. Stand Stiffness and Rolling Accuracy in a Tube Billet Mill (TBM) 900/750–3. CAMPE 2023 – International Conference on Advanced Mechanical and Power Engineering. Springer, 1-12. 2024.

63. Харченко О.С., Ісаченко Д.Ю. Оптимізація організаційної структури для забезпечення стійкості підприємства (на прикладі ТОВ «МЕТІНВЕСТ-ПРОМСЕРВІС»). International scientific conference “MININGMETALTECH 2023 – The mining and metals sector: integration of business, technology and education” : conference proceedings (November 29–30, 2023. Riga, the Republic of Latvia). Riga, Latvia : “Baltija Publishing”, 2023. Vol. 2. P. 335-338.

64. Шкрабак І.В., Неборачко А.В. Інноваційні методи навчання в управлінні результативністю персоналу. International scientific conference “MININGMETALTECH 2023 – The mining and metals sector: integration of business, technology and education” : conference proceedings (November 29–30, 2023. Riga, the Republic of Latvia). Riga, Latvia : “Baltija Publishing”, 2023. Vol. 2. P. 342-345.

65. Саницький В.В., Малій Х. В., Синегін Є.В. Дослідження причин виникнення проривів металу під кристалізатором при безперервному розливанні сталі. International scientific conference “MININGMETALTECH 2023 – The mining and metals sector: integration of business, technology and education” : conference proceedings (November 29–30, 2023. Riga, the Republic of Latvia). Riga, Latvia : “Baltija Publishing”, 2023. Vol. 1. P. 114-115. <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-35>

66. Олешко М.В., Малій Х. В., Синегін Є.В. Методи електромагнітного перемішування металу в кристалізаторі МБЛЗ. International scientific conference “MININGMETALTECH 2023 – The mining and metals sector: integration of business, technology and education” : conference proceedings (November 29–30, 2023. Riga, the Republic of Latvia). Riga, Latvia : “Baltija Publishing”, 2023. Vol. 1. P. 96-98. <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-29>

67. Богдан Д.С., Малій Х.В., Стоянов О.М. Теоретичні аспекти причин утворення шлакової настилі на поверхні вогнетриву. International scientific conference “MININGMETALTECH 2023 – The mining and metals sector: integration of business, technology and education” : conference proceedings (November 29–30, 2023. Riga, the Republic of Latvia). Riga, Latvia : “Baltija Publishing”, 2023. Vol. 1. P. 12-14. <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-1>

68. Малій Х.В., Гладких А.А. Тенденції раціонального використання марганцю в технології конвертерної плавки. International scientific conference “MININGMETALTECH 2023 – The mining and metals sector: integration of business, technology and education” : conference proceedings (November 29–30, 2023. Riga, the Republic of Latvia). Riga, Latvia : “Baltija Publishing”, 2023. Vol. 1. P. 76- 77. <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-22>

69. Медведєва К.О., Стоянов О.М., Малій Х.В. Про можливість насичення сталі азотом в сталеплавильному процесі. International scientific conference “MININGMETALTECH 2023 – The mining and metals sector: integration of business, technology and education” : conference proceedings (November 29–30, 2023. Riga, the Republic of Latvia). Riga, Latvia : “Baltija Publishing”, 2023. Vol. 1. P. 84-86. <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-25>

70. Доброносів Ю.К., Лось С.Г. Удосконалення технології прокатки холоднокатаних смуг на стані тандем 1680. International scientific conference “MININGMETALTECH 2023 – The mining and metals sector: integration of business, technology and education” : conference proceedings (November 29–30, 2023. Riga, the Republic of Latvia). Riga, Latvia : “Baltija Publishing”, 2023. Vol. 1. P. 29-31. <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-7>

71. Грибков Е.П., Пожидаєв А.В. Удосконалення технологічних режимів прокатки особливо тонких полос на стані НТЛС 1680. International scientific conference “MININGMETALTECH 2023 – The mining and metals sector: integration of business, technology and education” : conference proceedings (November 29–30,

2023. Riga, the Republic of Latvia). Riga, Latvia : “Baltija Publishing”, 2023. Vol. 1. P. 24-26. <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-5>

72. Гадзира М.П., Тимошенко А.Г., Іценко А.І., Ахонін С.В., инський В.В., Березос В.О. Спосіб модифікування чорних і кольорових металів дисперсними модифікаторами. Патент на корисну модель № 155765 Україна. № u2023 05579; заявл. 21.11.2023 ; опубл. 03.04.2024, Бюл. №14, книга 1, с. 415.

73. Поважний О.С., Шкрабак І.В., Латишева О.В. Управління змінами в проєктах підвищення операційної ефективності гірничо-металургійних компаній. *Держава та регіони. Серія: Економіка та підприємництво*. 2023. Випуск №2 (128). с.37-44.

74. Шкрабак І. В. Організаційні трансформації адміністративно-управлінських підрозділів підприємств гірничо-металургійного бізнесу України. *The XXVI International Scientific and Practical Conference «Innovations in modern education: local and global context»* (July 01-03, 2024, Stockholm, Sweden). P. 147-150. URL: <https://eu-conf.com/events/innovations-in-modern-education-local-and-global-context/>

75. Шкрабак І. В. Організаційно-структурний редизайн підприємства в контексті управління змінами. *«Scientific research: a paradigm of innovative development of society» : матеріали міжнародної науково-практичної конференції*, (July 08-10, 2024, Lisbon, Portugal). P. 114-117. URL: <https://eu-conf.com/wp-content/uploads/2024/06/SCIENTIFIC-RESEARCH-A-PARADIGM-OF-INNOVATIVE-DEVELOPMENT-OF-SOCIETY.pdf>.

76. Харченко О. С. Напрями застосування штучного інтелекту в сучасному маркетингу. *The XXVI International Scientific and Practical Conference «Innovations in modern education: local and global context»* (July 01-03, 2024, Stockholm, Sweden). P. 143-145. URL: <https://eu-conf.com/events/innovations-in-modern-education-local-and-global-context/>

## ВІДОМОСТІ ПРО ВПРОВАДЖЕННЯ

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Перший проректор —

проректор з навчальної роботи

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

«МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»



Наталія РЕКОВА

«01» липня 2024 року

### ДОВІДКА ПРО ВИКОРИСТАННЯ

Результати виконання першого етапу науково-дослідної роботи «Розвиток наукових та методологічних засад удосконалення металургійних процесів, устаткування та методів управління їх ефективністю» (№ держреєстрації 0123U102947), що містять:

- рекомендації з удосконалення технологій позапічної десульфурації сталі;
- методики розрахунку витрат електроенергії та викидів парникових газів при виробництві сталі по схемах «аглодоменне виробництво мартенівський переплав» та «пряме відновлення заліза MIDREX + електродугосталеплавильні печі», адаптовані до підприємств гірничо-металургійного комплексу України;
- рекомендації по удосконаленню системи очищення водоемульсійних оливок в технологіях холодної прокатки;
- адаптовані методики оцінки зносу валкового інструменту, а також методика ефективності та вибору прокатних емульсолів для мінімізації утворення поверхневих дефектів після відпалу;
- рекомендації з проектування процесів, удосконалення конструкцій агрегатів та інструменту для правки листового, сортового і трубного прокату;
- удосконалені математичні моделі процесів правки прокату;
- рекомендації з вибору режимів деформації та удосконалення системи контролю якості при виробництві та обробці листової, сортової та довгомірної сталевих металопродукції;
- рекомендації з подовження терміну служби та контролю зношування футерівки тигельних індукційних сталеплавильних печей;
- рекомендації з вибору комплексу мікролегування та режимів термомеханічної обробки при гарячій прокатці сталей підвищених категорій міцності;
- рекомендації з підвищення безпеки праці на підприємствах гірничо-металургійного комплексу, а саме безпеки праці при роботі на висоті;
- рекомендації з оптимізації організаційної структури та розподілу повноважень і функціональних обов'язків на підприємствах гірничо-металургійного бізнесу та у проєктах модернізації у сфері металургії,

використовуються в навчальному процесі на кафедрі металургії, матеріалознавства та організації виробництва ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА» при викладанні:

- на освітньо-професійній програмі (ОПП) «Металургія» (бакалаврський рівень) освітніх компонентів «Металургійні агрегати та обладнання», «Електрометалургія сталі», «Енерго- та ресурсозберігальні технології в промисловості»;
- на ОПП «Металургія сталі» освітніх компонентів «Проектний менеджмент», «Дослідження у проєктах підвищення операційної ефективності», «Сучасні технології формування структури та властивостей матеріалів та продукції», «Інженерія захисту та безпеки»;
- на ОПП «Аглодоменне виробництво» (магістерський рівень) освітніх компонентів «Дослідження у проєктах підвищення операційної ефективності», «Інженерія захисту та безпеки», «Ресурсозаощаджувальні технології та рециклінг в аглодоменному виробництві», «Проектний менеджмент», «Перспективи розвитку металургії та позадоменне отримання заліза»;
- на ОПП «Сучасні технології прокатного виробництва» (магістерський рівень) освітніх компонентів «Дослідження у проєктах підвищення операційної ефективності», «Сучасні техніко-технологічні аспекти прокатного виробництва», «Моделювання та комп'ютерні технології в прокатному виробництві», «Управління проєктами розвитку прокатного виробництва»;
- на міждисциплінарній освітньо-науковій програмі (136+073) «Управління модернізацією металургії» (магістерський рівень) освітніх компонентів «R&D в управлінні металургійними проєктами», «Управління комунікаціями в проєктах модернізації металургії», «Перспективні технології та кращі практики модернізації металургії», «Проектування модернізованих металургійних виробництв», «Економічний та управлінський аналіз і реінжиніринг бізнес-процесів металургійних підприємств»;
- на ОПП «Вартісне управління бізнесом» (бакалаврський рівень) освітнього компоненту «Менеджмент»;
- на ОПП «Проектне управління змінами в гірничо-металургійному бізнесі» (магістерський рівень) освітнього компоненту «Управління змінами в гірничо-металургійному бізнесі»,

а також при підготовці кваліфікаційних робіт освітнього рівня «Бакалавр» та «Магістр» за спеціальностей 136 Металургія та 073 Менеджмент.

Завідуючий кафедрою металургії,  
матеріалознавства та  
організації виробництва,  
д.т.н., проф.



Володимир ПАШИНСЬКИЙ